



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**Aplicación de metodología  
Lean Manufacturing para una  
línea de producción en el  
sector automotriz**

**TESINA**

Que para obtener el título de  
**Ingeniero Industrial**

**P R E S E N T A (N)**

Daniel Democrates Patiño Calcaneo

**DIRECTOR(A) DE TESINA**

M.I. Silvina Hernández García



**Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2017**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

# DEDICATORIAS

---

A mis padres, María Celia Calcaneo Altamirano y Claudio Patiño Cipriano por darme todo el apoyo para culminar cada una de mis metas, por darme el ejemplo necesario de responsabilidad y trabajo constante, por hacerme la persona que soy.

A mis amigos que han estado conmigo en este camino siempre brindándome alegrías y sus consejos.

A Kary, mi compañera de vida por su comprensión y apoyo.

# AGRADECIMIENTOS

---

Deseo expresar mi especial agradecimiento a M.I. Silvina Hernández García por su paciencia, guía y apoyo total y desinteresado en el asesoramiento de la presente tesina.

Gracias a mis profesores revisores, M.I. María de Lourdes Arellano, M.I. Luis Cesar Vázquez Segovia, M.I. Octavio Arenas Covarrubias e Ing. Marcela Oviedo Pacheco por sus comentarios y experiencia.

Gracias a todos mis profesores de la Facultad de Ingeniería por su ejemplo de vocación a la Ingeniería y por sus enseñanzas tanto en el ámbito técnico como en el humano que me han formado como un profesionalista íntegro.

A la Universidad Nacional Autónoma de México, mi segunda casa.

## ÍNDICE

INTRODUCCIÓN .....	7
Capítulo I.- MARCO TEÓRICO.....	8
I.1 Historia de la manufactura esbelta .....	8
I.2 Desarrollo del sistema de producción toyota, el sistema que cambió al mundo.....	9
I.3 Lean thinking.....	10
I.3.1 Valor.....	10
I.3.2 Corriente de Valor (Value stream) .....	10
I.3.3 Flujo de Valor (Value flow).....	11
I.3.4 Valor Pull .....	11
I.3.5 Perfección .....	11
I.4 Taller kaizen .....	11
I.5 Costos de pobre calidad .....	12
I.6 Concepto de mejora continua y KAIZEN.....	12
I.7 Kaizen Blitz .....	13
I.8 Equipos de proyectos lean.....	14
I.9 Liderazgo organizacional .....	15
I.10 Roles del equipo.....	15
I.11 “5s” .....	16
I.11.1 Eliminar (Seiri) .....	16
I.11.2 Ordenar (Seiton).....	17
I.11.3 Limpieza e inspección (Seiso).....	17
I.11.4 Estandarizar (Seiketsu) .....	17
I.11.5 Disciplina (Shitsuke).....	17
I.11.6 ¿Qué no es 5s? .....	17
I.12 Siete desperdicios .....	17
I.13 Poka-yokes.....	18
I.14 Célula de manufactura .....	18
I.15 Flujo continuo .....	19
I.16 Mejora de flujos .....	19

I.17 Mapeo de proceso .....	20
I.18 Balanceo de línea .....	21
I.18.1 Tiempo ciclo .....	21
I.18.2 Valor Agregado.....	21
I.18.3 Gráfica del balanceo de operadores.....	21
I.19 Takt time .....	22
I.20 Diagramas de espaguetti .....	22
I.21 Trabajo estandarizado .....	22
I.22 Instrucciones de trabajo .....	23
I.23 Reducción de tiempo ciclo.....	24
I.24 Medida de resultado lean a través de indicadores .....	25
I.25 Fábrica y administración visual .....	25
Capítulo II.- DESARROLLO DEL PROYECTO.....	27
II.1 Descripción del Problema .....	29
II.2 Identificación de necesidad del estudio .....	29
II.3 Definición de objetivo .....	29
II.4 Planeación.....	29
II.5 Definir equipo .....	30
II.6 Capacitación.....	31
II.7 Evaluación Situación actual .....	31
II.7.1 Proceso de evaluación 5s .....	31
II.7.2 Proceso de evaluación de 7 desperdicios .....	33
II.8 Línea base .....	36
II.9 Causa raíz de mezcla .....	36
II.10 Análisis de Datos .....	37
II.11 Propuesta.....	37
II.12 Planeación de los requerimientos.....	39
II.13 Cálculo de tiempos .....	41
II.13.1 Condiciones iniciales.....	41
II.13.2 Condiciones finales .....	43
II.14 Análisis costo - beneficio .....	44
Capítulo III.-RESULTADOS.....	45

CONCLUSIONES.....	46
LECCIONES APRENDIDAS.....	47
Glosario .....	48
Bibliografía .....	48
Apéndices.....	49
Apéndice 1- Formato de auditoria de 5s.....	49
Apéndice 2- Formato de hallazgos de 7 desperdicios.....	50

# INTRODUCCIÓN

---

Se ha identificado la oportunidad de mejora dentro de una línea de producción. Los artículos producidos en ésta son similares para dos clientes diferentes teniendo una variación que depende de la armadora a la que se empacarán. Se han tenido diferentes alertas de calidad debido a que se han empacado piezas que iban al cliente 1 en cajas que llegaron al cliente 2 y viceversa.

El objetivo del proyecto es evitar los problemas de calidad, quejas, así como reducir el desperdicio (scrap) y hacer más eficiente la línea, teniendo como resultado mayor productividad y calidad con menor recurso a través de la metodología LEAN MANUFACTURING.

El alcance del proyecto es atacar los flujos de materiales, analizar el estado actual y proponer un estado futuro cambiando el Lay Out por medio de un EVENTO KAIZEN, así mismo sostener las mejoras a través de trabajo estandarizado y administración visual.

Las técnicas de mejora de procesos aplicadas en el proyecto serán 5s, Siete desperdicios, mapeo de proceso, diagrama de espagueti, balanceo de línea de producción, trabajo estandarizado y administración visual. Cada una de las cuales juega un papel importante dentro del ciclo Plan-Actuar- Verificar- Actuar que es un referente para la mejora continua.

# Capítulo I.- MARCO TEÓRICO

---

Lean Manufacturing es una filosofía de trabajo, basada en las personas, que define la forma de mejora y optimización de un sistema de producción focalizándose en identificar y eliminar todo tipo de “desperdicios”, definidos éstos como aquellos procesos o actividades que usan más recursos de los estrictamente necesarios. Identifica varios tipos de “desperdicios” que se observan en la producción: sobreproducción, tiempo de espera, transporte, exceso de procesado, inventario, movimiento y defectos. Lean mira lo que no deberíamos estar haciendo porque no agrega valor al cliente y tiende a eliminarlo. Para alcanzar sus objetivos, despliega una aplicación sistemática y habitual de un conjunto extenso de técnicas que cubren la práctica totalidad de las áreas operativas de fabricación: organización de puestos de trabajo, gestión de la calidad, flujo interno de producción, mantenimiento, gestión de la cadena de suministro.<sup>1</sup>

## *1.1 Historia de la manufactura esbelta*

La historia comienza con Sakichi Toyoda, visionario e inventor parecido a Henry Ford. En 1894. Toyoda inició la fabricación de telares manuales, los cuales eran baratos, pero requerían de mucho trabajo. Su deseo era crear una máquina que pudiera tejer la tela y esto lo llevó a hacer muchos experimentos con los que, intentando una y otra vez, logró conseguir lo que quería. Realizando este trabajo de prueba y error, generó la base del *Toyota Way*, el *Genchi genbutsu* (ir/observar/entender) Más tarde, fundó la compañía *Toyoda Automatic Loom Works*, empresa que aún forma parte del corporativo *Toyota* hoy en día.

Uno de sus inventos fue un mecanismo especial que tenía de manera automática el telar cuando un hilo se trozaba, invento que se convertía en uno de los pilares del Sistema de producción *Toyota*, llamado *Jidoka* (automatización con toque humano).

Después de vender la patente de la máquina a una compañía inglesa, en 1930 Sakichio y su hijo (Kiichiro) iniciaron la construcción de *Toyoda Motor Company*. Kiichiro construyó *Toyota* con la filosofía de su padre, pero agregó sus propias innovaciones. Por ejemplo, la técnica *justo a tiempo* (*just in time JIT*) que fue su contribución. Sus ideas fueron influidas por sus visitas a la planta *Ford* en Michigan, así como el sistema de supermercados americanos para surtir los productos en los estantes *justo a tiempo*, conforme los operadores en la línea de producción. Como se sabes estas fueron las bases del sistema *Kanban*.

La filosofía de *Toyota* hasta estos días es pensar más allá de los beneficios individuales, es pensar en largo plazo por el bien de la compañía, así como tomar la responsabilidad de los problemas.

Pero fue Eiji Toyoda, sobrino de Sakichi y primo de Kiichiro, quien terminó de construir la compañía. Eiji jugó un papel clave en la selección y el empoderamiento de los líderes que

---

<sup>1</sup> Lean manufacturing. Conceptos, técnicas e implantación. Fundación EOI, Madrid 2013. Juan Carlos Hernández y Antonio Vizán. Pág 10

conformarían el sector de ventas, manufactura, desarrollo de los productos y lo más importante, del Sistema de Producción *Toyota*.<sup>2</sup>

## ***1.2 Desarrollo del sistema de producción toyota, el sistema que cambió al mundo***

Eiji Toyoda regresó de un viaje por los estados Unidos, de donde, en lugar de regresar impresionado con los sistemas de producción, veía áreas de oportunidad dentro de los procesos y entonces, llamó a su oficina a Taiichi Ohno. Calmadamente le asignó a Taiichi una nueva actividad: mejorar el proceso de manufactura *Toyota* hasta igualarlo con la productividad de *Ford*. Según los paradigmas de la producción en masa de esos días, eso era casi imposible para la pequeña *Toyota*.

*Toyota* requería adaptar el proceso de manufactura de *Ford* a sus propios procesos para llegar a obtener una lata calidad, bajos costos, tiempos de entrega cortos y flexibilidad.

Entonces Ohno hizo *Benchmarking* de las plantas de Estados Unidos y también estudió el libro *Today and Tomorrow* de Henry Ford. Después de todo, uno de los puntos que Ohno creía que *Toyota* necesitaba era un flujo continuo y el mejor ejemplo que había en ese entonces era la línea de ensamble de *Ford*.

*Toyota* no contaba con la capacidad para ensamblar como la de *Ford* en Highland Park, pero sin lugar a dudas, estaban decididos a usar la idea original de *Ford* sobre el flujo continuo de los materiales entre los procesos y desarrollar un sistema con el flujo de una pieza entre estaciones, que les permitiera ser lo suficientemente flexibles como para cambiar conforme la demanda del consumidor y, además, ser eficientes.

*Toyota* también tomó las enseñanzas del pionero americano de la calidad, W. Edwards Deming quien consideraba que sólo había dos tipos de clientes: Los externos y los internos. Cada persona dentro de la línea de producción, o en los negocios, debería ser tratada como “Cliente” y eso implicaba darle lo que exactamente necesitaba, en el tiempo que lo requería. Esto fue el origen de la expresión JIT.

Deming alentó a los japoneses a que adoptaran el sistema para la resolución de problemas, que más tarde se convertiría en el Ciclo de Deming o el ciclo PDCA (por sus siglas en inglés) como piedra angular del mejoramiento continuo. El término japonés para el mejoramiento continuo con base en la generación de ideas es KAIZEN, el cual ayuda a alcanzar la meta “LEAN” que es eliminar todos los desperdicios en el proceso. KAIZEN es una filosofía completa que lucha por la perfección y mantener el sistema de producción *Toyota*

No fue sino hasta 1990 cuando el término de “producción esbelta” fue inventado dentro del libro *the machine that changed the world*.<sup>3</sup>

---

<sup>2</sup> Manual de Lean Manufacturing Guía básica. Alberto Villaseñor Contreras. México; Limusa, 2007. Pág 13-14

<sup>3</sup> Manual de Lean Manufacturing Guía básica. Alberto Villaseñor Contreras. México; Limusa, 2007. Pág 14-15

Lean Manufacturing no es un concepto estático, que se pueda definir de forma directa, ni tampoco una filosofía radical que rompa con todo lo conocido. Su novedad consiste en la combinación de distintos elementos, técnicas y aplicaciones surgidas del estudio a pie máquina y apoyadas por la dirección en el pleno convencimiento de su necesidad. El pensamiento Lean evoluciona permanentemente como consecuencia del aprendizaje, que se va adquiriendo sobre la implementación y adaptación de las diferentes técnicas a los distintos entornos industriales e, incluso, de servicios.

“La cultura Lean no es algo que empiece y acabe, es algo que debe tratarse como una transformación cultural si se pretende que sea duradera y sostenible, es un conjunto de técnicas centradas en el valor añadido y en las personas”.<sup>4</sup>

### **I.3 Lean thinking**

Womack presentó el término producción Lean al mundo occidental en 1990 con la publicación de *The Machine that Changed the world*. El libro describe las bases de la producción lean (Lean manufacturing) como era practicada en las mejores compañías del mundo.

Womack ofrece cinco principios guías a tomar en consideración:

- Especificar el valor del producto
- Identificar el flujo de valor para cada producto
- Hacer fluir el valor
- Dejar que el cliente jale el valor desde el proveedor
- Perseguir la perfección

#### **I.3.1 Valor**

Valor es definido por el cliente. El cliente quiere productos específicos con capacidades específicas a precios específicos. Especificar el valor es el primer paso hacia pensamiento LEAN.

#### **I.3.2 Corriente de Valor (Value stream)**

Los beneficios de reducir desperdicio pueden ser magnificados muchas veces al concentrarse en las actividades que conectan al proceso. Existen tres flujos o cadenas que deben ser consideradas:

- Solución de problemas
- Gestión de la información
- Transformación Física

La cadena de valor, descrita por Porter está en un nivel operacional alto. Esto significa que la cadena de valor considera: Recursos humanos, tecnología, procurement, logística de importación, logística de exportación, operaciones, marketing, ventas y servicios

---

<sup>4</sup> Lean manufacturing. Conceptos, técnicas e implantación. Fundación EOI, Madrid 2013. Juan Carlos Hernández y Antonio Vizán. Pág 10-11

### I.3.3 Flujo de Valor (Value flow)

Un esfuerzo Lean requiere la conversión de procesos por lotes a procesos de flujo continuo (flujo pieza a pieza).

Idealmente, en un Lay out de flujo continuo los pasos de producción para flujo continuo, sin WIP (Trabajo en proceso por sus siglas en inglés) están organizadas en secuencia, línea recta, celdas en U. El trabajo de cada estación debe ser desarrollada con fiabilidad.<sup>5</sup>

Las actividades necesarias para producción, deben ser constantes, flujo continuo, sin desperdicios de movimientos, sin lotes y sin WIP.

### I.3.4 Valor Pull

En lugar de crear producto como respuesta a un pronóstico estimado de ventas, la planta manufactura al ritmo que el cliente lo requiera.

### I.3.5 Perfección

El cliente está buscando un producto con valor añadido. Al perseguir los anteriores cuatro conceptos del *pensamiento lean*, esto le permite a la empresa moverse hacia la perfección.

La perfección se alcanza de la siguiente forma:

- Equipos de producto trabajando con el cliente para encontrar mejores formas para especificar valor, mejorar el flujo.
- Desarrollar la colaboración entre los integrantes del Value Stream para descubrir más valor.
- Usar tecnologías para eliminar MUDA
- Desarrollo de nuevos productos.

Puede tomar años para aplicar los principios del *pensamiento Lean* en una empresa, incluso más tiempo para aplicarlo en toda la cadena de valor.

## I.4 Taller kaizen

*Kaizen*- Es el término japonés para el mejoramiento continuo y es el proceso para hacer mejoras incrementalmente, no importa lo pequeñas que sean y alcanzar las metas *Lean* de eliminar todos los desperdicios que generan un costo sin agregar valor. *Kaizen* enseña a trabajar efectivamente a los individuos en grupos pequeños, a solucionar problemas, documentando y mejorando los procesos, recolectando y analizando datos y a manejarse por sí mismos.

*Kaizen* significa mejoramiento. Por otra parte, significa mejoramiento continuo en la vida personal, familiar, social y de trabajo. Cuando se aplica al lugar del trabajo, *Kaizen* significa mejoramiento continuo que involucra a todos, gerentes y trabajadores por igual<sup>6</sup>.

---

<sup>5</sup> LEAN SIX SIGMA PRIMER. Quality Council of Indiana. First Edition April 2, 2007. Pág. 277-281

<sup>6</sup> LEAN SIX SIGMA PRIMER. Quality Council of Indiana. First Edition April 2, 2007. Pág. 281-283

### ***1.5 Costos de pobre calidad***

Los sistemas de costos de calidad identifican oportunidades internas para retorno de inversión. Como tal, los costos de calidad enfatizan el evitar defectos y otras conductas que causan insatisfacción del cliente.<sup>7</sup>

Los costos de calidad incluyen cualquier costo que no se gastaría si la calidad fuera perfecta. Esto incluye costos evidentes como *scrap* (piezas defectuosas) o re-trabajo, pero también incluye costos menos evidentes como costo de reemplazar el material defectuoso, expedir fletes para el reemplazo de material, el personal y equipo para procesar la orden de reemplazo, etc.

Específicamente, los costos de calidad son el total de costos incurridos por a) invertir en prevención de no conformidades en los requerimientos, b) evaluación de un producto o servicio para conformidad a los requerimientos; y c) fallar en cumplir los requerimientos.

Por la mayoría de las organizaciones, los costos de calidad están escondidos. Al menos que se hayan tomado esfuerzos para identificar los costos de calidad específicos, pocos sistemas de contabilidad incluyen herramientas para la identificación de costos de calidad. A causa de esto, costos de calidad no medidos tienden a incrementar. La pobre calidad impacta a las compañías en dos formas: altos costos y baja satisfacción del cliente. La baja satisfacción del cliente crea presión en el precio y pérdida de ventas, lo cual resulta en menores ingresos. La combinación de altos costos y menores ingresos traen consigo una crisis que puede amenazar la existencia de la compañía. Una medición rigurosa de costos de calidad es una técnica para la prevención de que ocurra dicha crisis.

El propósito de la medición de tales costos es proveer guías generales para la toma de decisiones y la acción a nivel gerencial.<sup>8</sup>

### ***1.6 Concepto de mejora continua y KAIZEN***

La mejora continua se basa en la lucha persistente contra el desperdicio. El pilar fundamental para ganar esta batalla es el trabajo en equipo bajo lo que se ha venido en denominar espíritu Kaizen, Verdadero impulsor del éxito del sistema Lean en Japón.

Kaizen significa “cambio para mejorar”; deriva de las palabras KAI-cambio y ZEN-bueno. Kaizen es el cambio en la actitud de las personas. Es la actitud hacia la mejora, hacia la utilización de las capacidades de todo el personal, la que hace avanzar el sistema hasta llevarlo al éxito. Las ventajas de su aplicación son patentes si consideramos que los estudios apuntan a que las empresas que realizan un constante esfuerzo en la puesta en práctica de proyectos de mejora continua se mueven con crecimientos sostenidos superiores al 10% anual.

El espíritu de mejora continua se refleja en la frase “siempre hay un método mejor” y consiste en un progreso, paso a paso, con pequeñas innovaciones y mejoras, realizado por todos los

---

<sup>7</sup> The Six Sigma Handbook. Thomas Pyzdek & Paul Keller. 2010. 3rd Edition Pág 97

<sup>8</sup> The Six Sigma Handbook. Thomas Pyzdek & Paul Keller. 2010. 3rd Edition Pág 97

empleados, incluyendo a los directivos, que se van acumulando y que conducen a una garantía de calidad, una reducción de costes y la entrega al cliente de la cantidad justa en el plazo fijado.<sup>9</sup>

No obstante, el pensamiento Kaizen presenta inconvenientes y dificultades que, en la mayoría de los casos, tienen que ver con el cambio de mentalidad de directivos y resto del personal. En este sentido conviene recordar el pensamiento de Nicolás Maquiavelo quien concluía que: “No hay nada más difícil que planificar, ni más peligros que gestionar, ni menos probabilidad de tener éxito que la creación de una nueva manera de hacer las cosas, ya que el reformador tiene grandes enemigos en todos aquellos que se beneficiarán de lo antiguo y solamente un tibio apoyo de los que ganarán con lo nuevo”. Obviamente las personas constituyen el capital más importante de las Empresas; los operarios están en permanente contacto con el medio de trabajo, son quienes están mejor situados para percibir la existencia de un problema y, en multitud de ocasiones, son los más capacitados para imaginar las soluciones de mejora.<sup>10</sup>

Kaizen es un término para:

- Productividad
- Control total de la calidad
- Cero defectos
- Sistema de sugerencias
- Producción total Justo a tiempo

La estrategia Kaizen involucra:

- Mantener y mejorar los estándares de producción
- Mejorar los procesos
- Utilizar ciclos PDCA/PDSA
- Proveer al proceso siguiente con partes buenas
- Hacer Calidad la más alta prioridad
- Solución de problemas con datos duros<sup>11</sup>

### ***1.7 Kaizen Blitz***

La palabra *Blitz* significa corto plazo, concentrado, eliminación rápida de desperdicios en el lugar de trabajo. Entonces, se puede decir que *Kaizen-blitz* se enfoca a producir mejoras radicales y rápidas en el desempeño de los procesos. Lo mejor de esto es que los resultados no se logran por profesionales con presupuestos limitados, sino por empleados comunes. Además, como no hay mucho tiempo para presentaciones, el lugar ideal para esto es el mismo punto de acción.

---

<sup>9</sup> Lean manufacturing. Conceptos, técnicas e implantación. Fundación EOI, Madrid 2013. Juan Carlos Hernández y Antonio Vizán. Pág 27-28

<sup>10</sup> Lean manufacturing. Conceptos, técnicas e implantación. Fundación EOI, Madrid 2013. Juan Carlos Hernández y Antonio Vizán. Pág 28-29

<sup>11</sup> LEAN SIX SIGMA PRIMER. Quality Council of Indiana. First Edition April 2, 2007. Pág. 529

El *Kaizen blitz* sigue un proceso de 4 fases:

Fase 1: Diagnóstico. Consiste en un análisis en el lugar. Identificación de oportunidades, priorizar y calendarizar proyectos, y proporcionar un análisis de costos y ahorros. Planear la comunicación de los procesos y objetivos al resto de la planta. Planear, hacer, verificar y actuar, entre otras actividades a realizar.

Fase 2: Planeación del taller. Aquí se pretende desarrollar un plan detallado del taller en donde se colocan los objetivos y limitaciones, se identifican los equipos que actuarán en los procesos seleccionados, se identifican recursos requeridos y se planifica la reunión del taller.

Fase 3: Implementación. Básicamente la intervención del *Kaizen blitz* está basada en ciclos rápidos o en entrenamiento y educación, para lo cual se requiere que en las sesiones se promueva el cambio de pensamiento. También se tiene un análisis y documentación del proceso actual, aprender y experimentar “nuevas” aproximaciones, desarrollar una nueva visión del área de trabajo, además de implementaciones rápidas y de la medición de los resultados.

Fase 4: Seguimiento. Esta fase es crucial para mantener las ganancias obtenidas y fijar las mejoras de los equipos. Algunos cambios requieren de un periodo mayor de tiempo.

El *Kaizen blitz* debe ser rápido, debe durar de 3 a 5 días o menos tiempo si es posible.<sup>12</sup>

Varios métricos son usados para medir los resultados de un Kaizen Blitz:

- Espacio en piso ahorrado
- Flexibilidad de la línea
- Mejora del flujo de trabajo
- Ideas de mejora
- Incrementar los niveles de calidad
- Ambientes de trabajo más seguros
- Reducción de tiempo que no agrega valor<sup>13</sup>

### ***1.8 Equipos de proyectos lean***

En primer lugar, la implantación de un proyecto Lean precisa de responsables de implantación, que en el argot se denominan líderes Lean. La existencia de “auténticos líderes” cobra en este tipo de implantaciones una significación clave. Tanto es así, que diversos analistas creen que la diferencia entre una organización con éxito y otra sin él encuentra, precisamente, en el liderazgo. Los fundamentos del liderazgo están normalmente asociados al carisma de la persona, característica que se logra a partir de una combinación equilibrada de inteligencia, entusiasmo, competencia profesional, confianza en sí mismo, voluntad de no dejarse amilanar por las

---

<sup>12</sup> Manual de Lean Manufacturing Guía básica. Alberto Villaseñor Contreras. México; Limusa, 2007. Pág 85-87

<sup>13</sup> LEAN SIX SIGMA PRIMER. Quality Council of Indiana. First Edition April 2, 2007. Pág. 530

circunstancias, conocimiento del equipo humano, dotes de comunicador, saber psicología, ser confiable y tener sentido del humor. En el caso de un proyecto de implantación Lean, el líder idóneo presentaría, además, las siguientes características:

- Conocimiento de los procesos, materiales, métodos, equipos y tecnologías surgido de la visita continuada a la planta.
- Conocimiento de las capacidades reales de los recursos productivos de la empresa.
- Actitud de contemplar los problemas como oportunidades para entrenar y apoyar a los colaboradores, lo que requiere dotes formativas y optimismo para transmitir las nuevas formas de trabajo y las ventajas de las técnicas lean, de modo que los operarios puedan ponerlo en práctica por sí mismos.
- Habilidad para promover el trabajo en equipo y la ayuda mutua

El líder Lean debe contar con equipos reducidos de personas involucradas, formadas y motivadas, que asegurarán el éxito de la implantación. La acotación de los objetivos iniciales, a lograr en áreas piloto, permite la obtención rápida de resultados y su extensión al resto de las áreas operativas de la empresa al servir como ejemplo de buenas prácticas.<sup>14</sup>

### ***1.9 Liderazgo organizacional***

Existen muchas formas de estructurar una estrategia Lean Six Sigma. Sin embargo, las prácticas exitosas comparten en común el apoyo de la gerencia, capacitación, reconocimientos y reforzamiento.

- Apoyo de la gerencia: Se requiere una planeación e implementación cuidadas para asegurar que los recursos están disponibles y se aplican a los problemas correctos. Los Gerentes deben estar abiertos a hacer compromisos significativos para implementar y apoyar una iniciativa Six sigma.
- Capacitación: Las habilidades necesarias para mejoras exitosas no pueden ser desarrolladas sin la correcta capacitación.
- Reconocimientos y reforzamiento: Debe ser una de las partes más fuertes para institucionalizar un programa de lean six sigma. Los integrantes del equipo deben ser reconocidos por su contribución en las mejoras.<sup>15</sup>

### ***1.10 Roles del equipo***

Mientras que algunas organizaciones eligen nombres y definiciones diferentes, las organizaciones más exitosas han implementado los siguientes roles en su programa de Black Belt.

- Black belts (cinturón negro): Está de tiempo completo en mejora de procesos. Demuestra sus habilidades a través de importante impacto financiero positivo y beneficios del cliente en múltiples proyectos.
- Master black belt: Son mentores de los *Black Belts* y revisa sus proyectos.

---

<sup>14</sup> Lean manufacturing. Conceptos, técnicas e implantación. Fundación EOI, Madrid 2013. Juan Carlos Hernández y Antonio Vizán. Pág 105

<sup>15</sup> LEAN SIX SIGMA PRIMER. Quality Council of Indiana. First Edition April 2, 2007. Pág. 69

- Green belt: No está de tiempo completo en mejora de procesos. Domina las habilidades básicas y es capacitado para ser *Black Belt*. Debe demostrar aptitud con herramientas estadísticas para usarla en impactos positivos financieros y beneficios del cliente en algunos proyectos.
- Executive Sponsor: Los ejecutivos reciben capacitación general de Lean Six Sigma, ejemplos de estrategias y despliegues exitosos, herramientas y métodos para DMAIC
- Champion: Son gerentes de nivel alto que controlan y distribuyen recursos para promover las mejoras de procesos y despliegue *Black Belt*.
- Process owner: Coordina las actividades de mejora del proceso y monitorea el progreso regularmente. Los dueños del proceso trabajan con los *Black Belts* para mejorar los procesos de los cuales son responsables.<sup>16</sup>

### I.11 “5s”

La herramienta 5S se corresponde con la aplicación sistemática de los principios de orden y limpieza en el puesto de trabajo que, de una manera menos formal y metodológica, ya existían dentro de los conceptos clásicos de organización de los medios de producción. El acrónimo corresponde a las iniciales en japonés de las cinco palabras que definen la herramienta y cuya fonética empieza por “S”: *Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu y Shitsuke*, que significan, respectivamente: eliminar lo innecesario, ordenar, limpiar e inspeccionar, estandarizar y crear hábito.

Produce resultados tangibles y cuantificables para todos, con gran componente visual y de alto impacto en un corto tiempo plazo de tiempo

Su implantación tiene por objetivo evitar que se presenten los siguientes síntomas disfuncionales en la empresa y que afectan, decisivamente, a la eficiencia de la misma:

- Aspecto sucio de la planta: máquinas, instalaciones, técnicas, etc.
- Desorden: pasillos ocupados, técnicas sueltas, embalajes, etc.
- Elementos rotos: mobiliario, cristales, señales, topes, indicadores, etc.
- Falta de instrucciones sencillas de operación.
- Número de averías más frecuentes de lo normal.
- Desinterés de los empleados por su área de trabajo.
- Movimientos y recorridos innecesarios de personas, materiales y utillajes.
- Falta de espacio en general.

El principio de las 5S puede ser utilizado para romper con los viejos procedimientos existentes y adoptar una cultura nueva a efectos de incluir el mantenimiento del orden, la limpieza e higiene y la seguridad como un factor esencial dentro del proceso productivo, de la calidad y de los objetivos generales de la organización

#### I.11.1 Eliminar (Seiri)

La primera de las 5S significa clasificar y eliminar del área de trabajo todos los elementos innecesarios o inútiles para la tarea que se realiza

---

<sup>16</sup> LEAN SIX SIGMA PRIMER. Quality Council of Indiana. First Edition April 2, 2007. Pág. 196-199

### I.11.2 Ordenar (Seiton)

Consiste en organizar los elementos clasificados como necesarios, de manera que se encuentren con facilidad, definir su lugar de ubicación identificándolo para facilitar su búsqueda y el retorno a su posición inicial.

### I.11.3 Limpieza e inspección (Seiso)

Seiso significa limpiar, inspeccionar el entorno para identificar los defectos y eliminarlos, es decir anticiparse para prevenir defectos

### I.11.4 Estandarizar (Seiketsu)

La fase de seiketsu permite consolidar las metas una vez asumidas las tres primeras “S”, porque sistematizar lo conseguido asegura unos efectos perdurables

### I.11.5 Disciplina (Shitsuke)

Shitsuke se puede traducir por disciplina y su objetivo es convertir en hábito la utilización de los métodos estandarizados y aceptar la aplicación normalizada<sup>17</sup>

### I.11.6 ¿Qué no es 5s?

A causa de la aplicación directa de 5s es fácil confundir las actividades aisladas de limpieza y etiquetarlas como programas de 5s. %s no es:

- Un evento aislado de verano para limpieza
- Eliminar solamente cosas que no están en uso
- Recolocar los mismos elementos en una forma estética
- Pasar los elementos de un lugar a otro
- Una auditoría preanunciada
- Un evento único a causa de la visita del cliente
- Una metodología que crea un desempeño de clase mundial<sup>18</sup>

## I.12 Siete desperdicios

Las actividades que no agregan valor se denominan MUDA. Es otro término para desperdicio que existe en un proceso. Siete categorías de MUDA son ampliamente usadas en la industria.

- **Sobreproducción:** Significa producir mucho en un momento determinado. Significa **producir más cantidad**, más temprano y más rápido de lo que es requerido.
- **Inventario:** Partes, materia prima, WIP, inventario, consumibles y producto terminado son **formas de inventario**. Es considerado MUDA ya que no agrega valor al producto.
- **Reparación:** Re-trabajo de piezas defectuosas es una pérdida de recursos
- **Movimiento:** Movimientos extras que no son necesarios también son desperdicios. Caminar excesivamente, cargar cosas pesadas, girar incómodamente, alcanzar materiales lejos, etc.

---

<sup>17</sup> Lean manufacturing. Conceptos, técnicas e implantación. Fundación EOI, Madrid 2013. Juan Carlos Hernández y Antonio Vizán. Pág 36-41

<sup>18</sup> LEAN SIX SIGMA PRIMER. Quality Council of Indiana. First Edition April 2, 2007. Pág. 506

- **Procesamiento:** Consiste en pasos adicionales o actividades en el proceso de manufactura.
- **Transporte:** Describe el uso de montacargas, conveyors, movedores de pallets y carros.
- **Espera:** Ocurre cuando un operador está listo para la siguiente operación pero debe permanecer ausente. Está ausente debido a paros de máquina, falta de partes, actividades de monitoreo y paros de línea.<sup>19</sup>

### **I.13 Poka-yokes**

Generalmente traducido como “a pruebas de errores” o “de fallos”. En japonés significa evitar (yokeru) errores inadvertidos (poka). La idea detrás del *poka-yoke* es respetar la inteligencia de los trabajadores. Asumiendo las tareas repetitivas o acciones que dependen de la memoria, el *poka yoke* puede liberar el tiempo y mente de un trabajador para que así se dedique a actividades más creativas o que agregan valor.

Aquí se muestran cinco ejemplos de *poka yoke* para detectar o evitar defectos causados por errores humanos:

- Pines de guía de distintos tamaños
- Alarmas y detección de errores
- *Switch* de límites
- *Contadores*
- Listas de chequeo

Un defecto existe en dos estados: está a punto de ocurrir o ha ocurrido ya. El *poka yoke* emplea tres funciones básicas contra los defectos: parada, control y aviso. El reconocimiento de que un defecto está a punto de ocurrir se denomina “predicción” y reconocer que un defecto ha ocurrido ya se denomina “detección”.<sup>20</sup>

### **I.14 Célula de manufactura**

En un sistema con flujo, la producción de artículos debe fabricarse pieza por pieza (o en pequeños lotes) a través del sistema. El equipo no debe ser agrupado por categorías tales como estampado, soldadura, maquinado, pintura, etc. Pero sí de una manera en que pueda minimizarse el desperdicio en el transporte y mantener un flujo continuo.

Una manera de mejorar el flujo es la reconfiguración de las operaciones dentro de una célula de trabajo. Una célula de trabajo es una unidad que incluye operaciones que agregan valor al proceso.

Cuando las operaciones son organizadas dentro de una célula, el operador puede producir y pesar las partes de una pieza a la vez, con una mejora en la seguridad y con una reducción de esfuerzos.<sup>21</sup>

---

<sup>19</sup> LEAN SIX SIGMA PRIMER. Quality Council of Indiana. First Edition April 2, 2007. Pág. 410-418

<sup>20</sup> Manual de Lean Manufacturing Guía básica. Alberto Villaseñor Contreras. México; Limusa, 2007. Pág 84

<sup>21</sup> Manual de Lean Manufacturing Guía básica. Alberto Villaseñor Contreras. México; Limusa, 2007. Pág 55

### *1.15 Flujo continuo*

El flujo continuo se puede resumir en un simple enunciado: “mover uno, hacer uno” (o “mover un pequeño lote, hacer un pequeño lote”). Entender el flujo continuo es crítico para la Manufactura esbelta y para asegurarse de que las operaciones nunca harán más de lo que se haya demandado. De esta forma nunca se producirá más de lo que el cliente pida.

El procesamiento con flujo continuo implica producir o transportar productos de acuerdo con tres principios clave:

- Solamente lo que se necesita
- Justo cuando se necesita
- En la cantidad exacta que se necesita

Ventajas del flujo continuo:

- Tiempos de entrega más cortos.
- Reducción drástica de los inventarios de trabajo en proceso (WIP)
- Habilidad para identificar los problemas y arreglarlos rápidamente.
- La programación de la producción tradicional queda obsoleta.<sup>22</sup>

### *1.16 Mejora de flujos*

Idealmente, en una distribución de operaciones con flujo continuo, las operaciones están ordenadas en una secuencia cercana, tales como la línea en recta o celdas en forma de U, sin WIP, usando flujo de una pieza. Dentro de este concepto, cada estación y operador debe trabajar con completa confiabilidad para alcanzar el flujo continuo y el Takt time deseado.

Los siguientes conceptos son importantes:

- Poka-Yoke (a prueba de errores): Prevenir defectos provenientes del paso anterior al siguiente paso.
- Inspección de la fuente: Encontrar los errores que causan los defectos y corregir el proceso.
- Auto inspección: Verificar por el operador para encontrar defectos y corregir el proceso.
- Inspección sucesiva: Verificar por el siguiente proceso para encontrar errores y corregir el proceso.
- Mantenimiento productivo total es usado para ayudar a alcanzar una alta capacidad de la máquina.<sup>23</sup>

---

<sup>22</sup> Manual de Lean Manufacturing Guía básica. Alberto Villaseñor Contreras. México; Limusa, 2007. Pág 53-54

<sup>23</sup> LEAN SIX SIGMA PRIMER. Quality Council of Indiana. First Edition April 2, 2007. Pág 525

### **I.17 Mapeo de proceso**

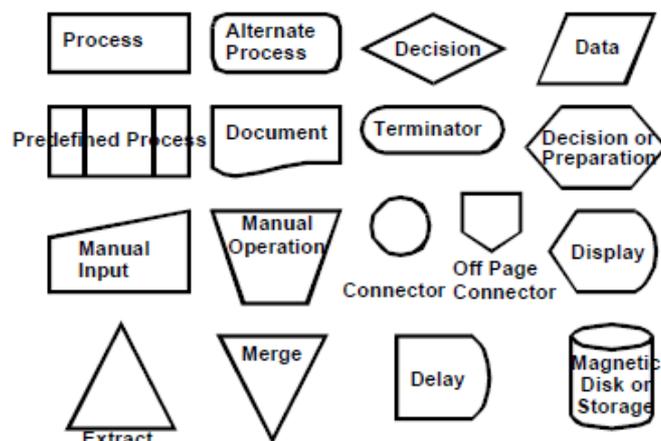
Un diagrama de flujo puede representar la secuencia de productos, contenedores, papeleo, acciones del operador o procedimientos administrativos. Un diagrama de flujo es generalmente usado como punto inicial para la mejora del proceso. Los diagramas de flujo pueden ser usados para identificar oportunidades de mejora como se ilustra en la siguiente secuencia:

- Organizar un equipo para examinar el proceso
- Construir una gráfica de flujo para cada paso del proceso
- Discutir y analizar cada paso en detalle
- Hacer la pregunta clave: “¿Por qué hacemos esto de esta manera?”
- Comparar el proceso actual con el “ideal”
- ¿Existe complejidad innecesaria?
- ¿Existe duplicación o redundancia?
- ¿Hay puntos de control para prevenir errores?
- ¿Debe haber puntos de control?
- ¿El proceso corre de la manera que debe correr?
- Las mejoras pueden venir de procesos diferentes

El mapeo del proceso o diagramas de proceso tienen el beneficio de describir un proceso con símbolos, flechas y palabras sin el montón de enunciados. Muchas compañías usan el mapeo de procesos para esquematizar nuevos procedimientos y revisar los procedimientos viejos para su viabilidad y rigurosidad.

La mayoría de los diagramas utilizan símbolos estandarizados. Muchos programas de computadora tienen la habilidad de crear diagramas de flujo o mapeos de proceso, aunque la información debe provenir de alguien que tenga el conocimiento del proceso.

Algunos símbolos comunes en los diagramas de flujo o mapeo de proceso (Figura I.1).<sup>24</sup>



*Figura I.1.- Signos utilizados en Diagramas de flujo o mapeo de proceso.*

<sup>24</sup> LEAN SIX SIGMA PRIMER. Quality Council of Indiana. First Edition April 2, 2007. Pág 302-303

## I.18 Balanceo de línea

Típicamente, algunas operaciones toman más tiempo que otras, dejando a los operadores sin nada que hacer mientras esperan la siguiente parte. Por otro lado, algunas operaciones tal vez necesiten más de un operador. El balanceo de línea es un proceso a través del cual, con el tiempo se van distribuyendo los elementos del trabajo dentro del proceso en orden para que alcancen el Takt time. El balanceo de línea ayuda a la optimización del uso del personal. Al balancear la carga de trabajo, se evitará que algunos trabajen de más y que otros no hagan nada.

### I.18.1 Tiempo ciclo

Según Rother y Shook (1999) el tiempo ciclo es “qué tan frecuente una parte o producto es terminado en un proceso en un determinado tiempo. También, el tiempo que le toma a un operador ir a través de todos sus elementos de trabajo antes de que los repita.

No confunda este medible de tiempo de proceso con el *Takt time* el cual es un medible de la demanda del cliente.

El tiempo de ciclo total es la suma de los tiempos de ciclo de cada operación individual dentro del proceso (Tapping, *et al.*, 2002)

El tiempo de ciclo total también se refiere como el total del tiempo que agrega valor (VAT, por sus siglas en inglés) porque éste es el tiempo durante el cual se le comienza a agregar valor a la materia prima conforme fluye por los procesos.

### I.18.2 Valor Agregado

Rother y Shook (1999) definen el tiempo de valor agregado (VA) con las siguientes palabras “es el tiempo de los elementos de trabajo que actualmente transforman los productos en lo que desea el cliente y está dispuesto a pagar”

### I.18.3 Gráfica del balanceo de operadores

El balanceo de línea inicia con el análisis del estado actual del proceso. La mejor herramienta para esta actividad es la *Gráfica del balanceo de operadores (Operator Balance Chart, OBC)*. Es una representación de los elementos de trabajo, el tiempo requerido y los operadores de cada estación. Se usa para mostrar las oportunidades de mejora visualizando cada tiempo de operación en relación con el *Takt time* y el tiempo de ciclo total (Figura I.2).<sup>25</sup>

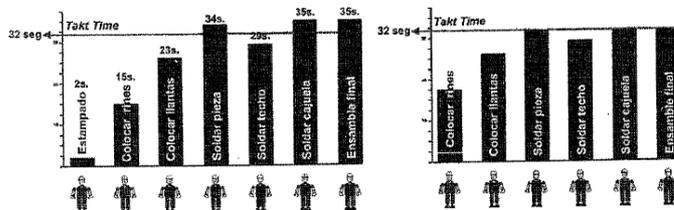


Figura I.2.- Balanceo de operadores

<sup>25</sup> Manual de Lean Manufacturing Guía básica. Alberto Villaseñor Contreras. México; Limusa, 2007. Pág 56-58

### **I.19 Takt time**

La clave para el flujo de valor es el requerimiento del cliente. Lo que el cliente necesita y cuándo lo necesita es lo que dirige toda actividad. Este concepto es generalmente llamado *Takt time*. La fórmula para el cálculo del *takt time* es:

$$Takt\ time = \frac{Tiempo\ disponible\ para\ trabajo}{volumen\ requerido\ del\ cliente}$$

El tiempo de trabajo no incluye comidas, fallas u otro paro de proceso. Generalmente el *Takt time* es usado para crear calendarios de trabajo a corto plazo (Diario, semanal).<sup>26</sup>

### **I.20 Diagramas de espagueti**

El flujo de trabajo físico para el estado actual es generalmente representado en *gráficos de espagueti*. Un diagrama de espagueti es un mapa del camino recorrido por un producto específico mientras viaja por el flujo de valor en una organización de producción en masa, es llamado así porque la ruta del producto típicamente parece como un plato de espagueti.

Algunas veces los productos viajan millas en la configuración original del proceso y sólo pocos pies en un Lay out Lean.<sup>27</sup>

Se debe incluir en este diagrama las actividades sociales, vueltas al baño, visitas al área de descanso, etc. Normalmente los diagramas de espagueti se enfocan al flujo de material o información.

Generalmente los diagramas de espagueti están hechos en computadora o en borradores de *Lay out* antes de que los cambios físicos sean hechos.<sup>28</sup>

### **I.21 Trabajo estandarizado**

La “estandarización” supone uno de los cimientos principales del Lean Manufacturing sobre los que deben fundamentarse el resto de las técnicas.

*“Los estándares son descripciones escritas y gráficas que nos ayudan a comprender las técnicas y técnicas más eficaces y fiables de una fábrica y nos proveen de los conocimientos precisos sobre personas máquinas, materiales, métodos, mediciones e información, con el objeto de hacer productos de calidad de modo fiable, seguro, barato y rápidamente”.*

La estandarización en el entorno de fabricación japonés, se ha convertido en el punto de partida y la culminación de la mejora continua y, probablemente, en la principal herramienta del éxito de su sistema. Partiendo de las condiciones corrientes, primero se define un estándar del modo de hacer las cosas; a continuación se mejora, se verifica el efecto de la mejora y se estandariza de nuevo un

---

<sup>26</sup> The Six Sigma Handbook. Thomas Pyzdek & Paul Keller. 2010. 3rd Edition pág 325

<sup>27</sup> The Six Sigma Handbook. Thomas Pyzdek & Paul Keller. 2010. 3rd Edition pág 326

<sup>28</sup> LEAN SIX SIGMA PRIMER. Quality Council of Indiana. First Edition April 2, 2007. Pág 311-312

método que ha demostrado su eficacia. La mejora continua es la repetición de este ciclo. En este punto reside una de las claves del pensamiento Lean: “Un estándar se crea para mejorarlo”.

Los estándares afectan a todos los procesos de la empresa, de manera que donde exista el uso de personas, materiales, máquinas, métodos, mediciones e información (5M +1I) debe existir un estándar. Las características que debe tener una correcta estandarización se pueden resumir en los cuatro principios siguientes:

- 1.-Ser descripciones simples y claras de los mejores métodos para producir cosas.
2. Proceder de mejoras hechas con las mejores técnicas y herramientas disponibles en cada caso.
3. Garantizar su cumplimiento.
4. Considerarlos siempre como puntos de partida para mejoras posteriores.<sup>29</sup>

### 1.22 Instrucciones de trabajo

Para que el flujo ocurra dentro de los procesos que agregan valor, los trabajadores deben de ser capaces de producir dentro del *takt time* y mejorar consistentemente el tiempo de ciclo de los elementos de trabajo asignado.

El trabajo estandarizado es un conjunto de procedimientos de trabajo que establecen el mejor método y secuencia para cada proceso. La hoja de trabajo estandarizado ayuda a ilustrar la secuencia de operaciones dentro del proceso, incluyendo el tiempo ciclo. Esta hoja debe colocarse en el área de trabajo.

Los pasos a seguir para llenar esta hoja son:

- 1) Dibujar el *Lay out* de la célula sobre la hoja e identificar todos los artículos.
- 2) Asignar la ubicación de los elementos de trabajo por número.
- 3) Mostrar la trayectoria de los movimientos.
- 4) Llenar la información requerida dentro de la hoja.
- 5) Colocarla en el área de trabajo<sup>30</sup>

Alcance de las Operaciones	Proceso: Ensamble del Trucky <sup>6</sup>	Fecha de preparación:	20/09/2005
Inspección de calidad	Compañía: Tec Motor Company <sup>2</sup>	Fecha de revisión:	
	Inventario en proceso (WIP)	# de piezas en WIP	Takt Time
◆	+	14	43 seg
			Tiempo Operador
			30 seg
			Tiempo Máquina
			23 seg

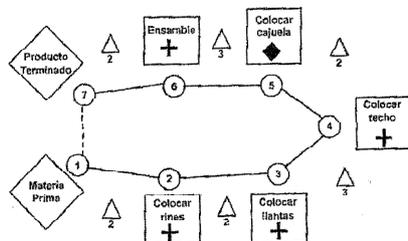


Figura 1.3.- Hoja de trabajo estándar

<sup>29</sup> Lean manufacturing. Conceptos, técnicas e implantación. Fundación EOI, Madrid 2013. Juan Carlos Hernández y Antonio Vizán. Pág 45-46

<sup>30</sup> Manual de Lean Manufacturing Guía básica. Alberto Villaseñor Contreras. México; Limusa, 2007. Pág 59

El trabajo estandarizado es visto como una de las técnicas más importantes para alcanzar un proceso perfecto. Este enfoque provee la disciplina de mantener un flujo perfecto en un proceso. Bajo condiciones de trabajo normales, sin anomalías en el sistema, el flujo es perfecto.<sup>31</sup>

Los procedimientos describen el proceso en un nivel general mientras que las instrucciones de trabajo proveen detalles y una secuencia de actividades paso a paso.

Al escribir las instrucciones de trabajo (ITs) se requiere cierta discreción ya que el nivel de detalle incluido sea apropiado para la educación, experiencia y habilidades del personal que podría utilizarlo regularmente.<sup>32</sup>

### ***1.23 Reducción de tiempo ciclo***

El tiempo ciclo es definido como la cantidad de tiempo que se necesita para completar una simple tarea y mover el producto o actividad a la siguiente dentro del proceso.

Un evento kaizen o actividad de mejora de línea puede ser utilizado para analizar las operaciones y reducir los tiempos ciclos para ser menores del *takt time*. El trabajo estandarizado es analizado para evaluar el trabajo que añade y que no añade valor,

Una reducción en el tiempo ciclo es ligada a algunas de las siguientes razones:

- Complacer al cliente
- Reducir desperdicios externos e internos
- Incrementar la capacidad
- Simplificar operaciones
- Reducir producto dañado ( mejorar la calidad)
- Mantenerse competitivo

Un estudio de estaciones de trabajo pueden revelar los movimientos usados por los operadores. Robson describe la técnica Shingo para clasificar los movimientos humanos. Está dividido en cuatro grados:

- 1- Ensamble, desensamblar y usar (verdadero valor añadido)
- 2- Transportar, vaciar, agarrar, cargar y descargar (valor no añadido)
- 3- Buscar, encontrar, seleccionar, reponer, retener, inspeccionar y pre-posicionar (no añade valor)
- 4- Descansar, planear con frecuencia, retrasos inevitables, (no añade valor)

El concepto al estudiar los movimientos humanos es reducir el estrés y el esfuerzo sobre los operadores, creando una operación más eficiente.<sup>33</sup>

---

<sup>31</sup> LEAN SIX SIGMA PRIMER. Quality Council of Indiana. First Edition April 2, 2007. Pág 672

<sup>32</sup> LEAN SIX SIGMA PRIMER. Quality Council of Indiana. First Edition April 2, 2007. Pág 320

<sup>33</sup> LEAN SIX SIGMA PRIMER. Quality Council of Indiana. First Edition April 2, 2007. Pág 286-284

### ***1.24 Medida de resultado lean a través de indicadores***

El análisis de datos para la evaluación de resultados a través de indicadores es uno de los puntos clave en la implantación de un sistema Lean. La definición de un sistema de indicadores es vital para monitorizar el avance y éxito de la implantación. Actualmente, se dispone de poderosos instrumentos para determinar paso a paso la eficacia y la eficiencia de un equipo.

Lo que no se mide, no mejora y, en la fábrica, lo que no mejora, empeora. Los indicadores deben ser fáciles de entender y facilitadores de medidas concretas. Por otro lado, las mediciones son claves para establecer recompensas, especialmente en los primeros pasos de la implantación del pensamiento Lean.

Los indicadores de rendimiento se materializan en datos numéricos, normalmente índices de eficiencia, o en respuestas a preguntas concretas que permiten analizar el estado de una determinada área. Estos últimos son más útiles en tareas de diagnóstico del sistema, aunque no existen datos normalizados que puedan ser utilizados para su obtención.

Es imposible diseñar un listado definitivo de indicadores a utilizar al inicio de un proyecto, por lo que cada líder o responsable empleará los más adecuados a la situación particular en la que se encuentre. Además, la selección de indicadores depende de las políticas de fabricación de las empresas y los sistemas de organización de la producción.<sup>34</sup>

### ***1.25 Fábrica y administración visual***

Las técnicas de control visual son un conjunto de medidas prácticas de comunicación que persiguen plasmar, de forma sencilla y evidente, la situación del sistema de productivo con especial hincapié en las anomalías y despilfarros. El control visual se focaliza exclusivamente en aquella información de alto valor añadido que ponga en evidencia las pérdidas en el sistema y las posibilidades de mejora. Hay que tener en cuenta que, en muchos casos, las fábricas usan estadísticas, gráficas y cifras de carácter estático y especializado que solo sirven a una pequeña parte de los responsables de la toma de decisión.

Bajo la perspectiva Lean, estas técnicas persiguen mantener informado al personal sobre cómo sus esfuerzos afectan a los resultados y darles el poder y responsabilidad de alcanzar sus metas. Estas técnicas tienen relación con la importancia que en la metodología Lean tiene la motivación de los empleados a través de la información. Los tableros de gestión visual, o cualquier otro tipo de técnicas de comunicación visual, son excelentes espacios que sirven como marco metodológico para orientar el flujo de ideas y brindar un contexto de la situación a ser analizada<sup>35</sup>

La fábrica y administración visual es un sistema de comunicación y control usado en toda la planta. De hecho, el funcionamiento correcto de la fábrica visual es el nivel más alto dentro del concepto de las 5s ya que se genera un control total que puede ser apreciado por todos.

---

<sup>34</sup> Lean manufacturing. Conceptos, técnicas e implantación. Fundación EOI, Madrid 2013. Juan Carlos Hernández y Antonio Vizán. Pág 94-95

<sup>35</sup> Lean manufacturing. Conceptos, técnicas e implantación. Fundación EOI, Madrid 2013. Juan Carlos Hernández y Antonio Vizán. Pág 52

En el piso de producción o en las oficinas, la meta de la fábrica y administración visual es darle a la gente el control requerido en el área de trabajo.<sup>36</sup>

Las ayudas visuales deben ser:

- Visibles: Fácil de ver y entender
- Informativos: compuestos de información útil
- Manejables: Para hacer el trabajo más fácil, más rápido y más seguro
- Atractivo: Interesante y disfrutable a la vista
- Estimulante: Motivante al trabajador
- Brillante: Para mayor impacto debe brillar

Ayudas visuales que influyen el comportamiento incluyen:

- Tableros de seguridad
- Tableros de juntas diarias
- Tableros de mejora
- Mapas de *Lay out*.
- Enunciados de meta y misión.

Controles visuales que dirigen el comportamiento incluyen:

- Tableros de producción/hora
- Tableros de defectos
- Tableros de mantenimiento
- Tableros de status de la producción
- Contenedores con tamaño estandarizado
- Técnicas *poka-yokes*
- Andon y Luces para problemas
- Etiquetado y código de colores
- Tableros de herramienta<sup>37</sup>

---

<sup>36</sup> Manual de Lean Manufacturing Guía básica. Alberto Villaseñor Contreras. México; Limusa, 2007. Pág 81

<sup>37</sup> LEAN SIX SIGMA PRIMER. Quality Council of Indiana. First Edition April 2, 2007. Pag 667-668

# Capítulo II.- DESARROLLO DEL PROYECTO

El presente proyecto se desarrolló dentro de una empresa dedicada a la Industria Automotriz en la cual se producen asientos, interiores y sistemas eléctricos-electrónicos para venderlos a las principales empresas armadoras de automóviles a nivel mundial.

En esta empresa se tienen aproximadamente 50 líneas de producción con procesos diversos como son soldadura TIG, soldadura MIG, soldadura laser, corte con plasma, corte con agua, prensado y pintura e-coat, entre otros.

Para la administración de los recursos necesarios para cumplir con la producción, la empresa tiene la siguiente estructura organizacional.

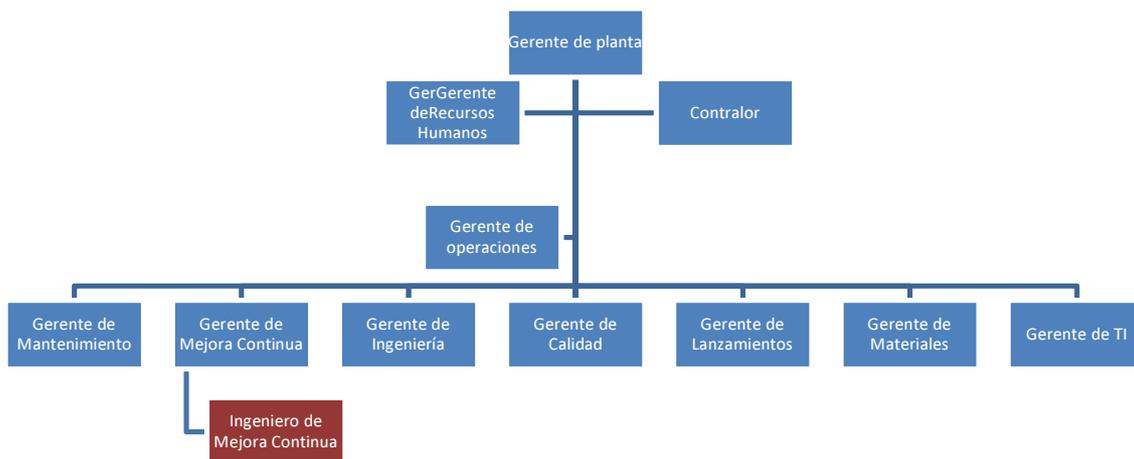


Fig II.1- Organigrama

En la figura II.1 se destaca al ingeniero de Mejora Continua el cual es el encargado de implementar la filosofía Lean y Six Sigma dentro de la organización.

Las principales actividades del departamento de Mejora Continua es identificación de áreas de oportunidad de acuerdo a KPIs y análisis de datos con el fin de definir, planear, ejecutar y cerrar proyectos que lleven a la organización a tener un mejor desempeño ayudándose de las diferentes áreas.

Este estudio se enfocó en dos línea de producción en donde se manufacturan dos piezas similares, los cuales forman parte de la estructura del asiento del conductor y pasajero delantero dentro de un automóvil. Estas piezas (Ver la figura II.2) consisten en una barra de metal doblada, con barrenos que sirve para accionar el deslizamiento del asiento en el vehículo.

De las dos piezas similares, cada una va a diferentes armadoras siendo diferenciadas únicamente por unas varillas soldadas.



Figura II.2 Dibujo de la pieza y ubicación en el asiento <sup>38</sup>

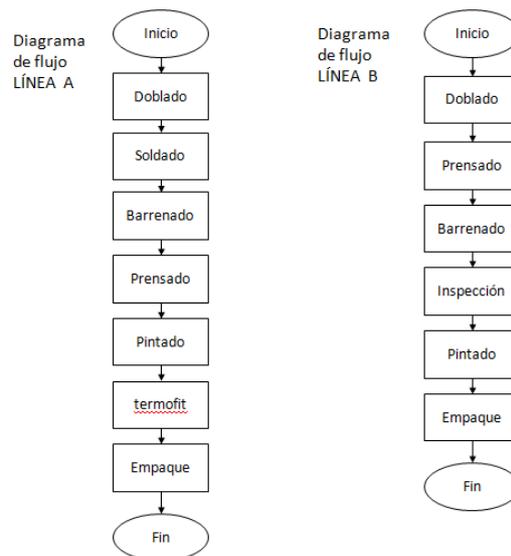


Figura II.3 Diagrama de flujo línea A y línea B

En la figura II.3 se muestran los diagramas de flujo de las dos líneas en la cual se aprecia que los pasos son similares.

<sup>38</sup> Unated states patent US6,902,235 B2 Jun 7, 2005 runner for a motor vehicle seat. René Rohee/Jean-Marie Fretel. Faurecia Sieges d'Automobile S.A. Nanterre (FR) Pág. 1

## ***II.1 Descripción del Problema***

Se hizo llegar a la planta una queja escrita por parte de un cliente en la cual se exponía que se habían enviado piezas con diferentes especificaciones a las solicitadas. Se infiere que piezas de diferentes clientes fueron mezcladas y enviadas, lo cual no puede permitirse que pase otra vez ya que esto ocasiona costos no planeados como

- Gastos de contención – Gastos de viaje de personal de la planta de origen para evaluar la falta en la planta del cliente y separar el material defectuoso.
- Gastos de fletes – Gastos de transporte de material de regreso a la planta de origen y envío de material correcto.
- Penalizaciones económicas por parte del cliente- Si la falta de material provoca paros de línea en la planta del cliente, se penaliza al proveedor por no haber cumplido con lo pactado en el contrato de tener las piezas en tiempo y forma.

Adicionalmente en la línea presentaba suciedad, no se tenía un flujo definido de las operaciones, ni estandarización, lo que puede resultar en desperdicios de energía, desperdicios de mano de obra, reducción de eficiencia, así como pérdida de material y herramientas que ocasionan tiempos muertos.

## ***II.2 Identificación de necesidad del estudio***

Se resolvió por parte de la gerencia de planta, que en esta línea se necesitaba una mejora rápida por lo que se asignó al departamento de mejora continua la realización de un evento Kaizen en el cual se atacara tanto el problema antes mencionado así como hacer más eficiente la línea.

## ***II.3 Definición de objetivo***

- Asegurar que el material de una armadora no se envíe mezclado con el similar de otra armadora.
- Hacer más eficiente la línea reduciendo espacio y distancias, así como incrementando rate y 5s e implementar flujo continuo.

## ***II.4 Planeación***

Una vez identificado el problema y tomada la decisión de aplicar la metodología Lean a través de un evento Kaizen, se continua con la planeación del evento.

En esta fase se propone una agenda de actividades (Figura II.4) a realizar que aseguren el éxito del proyecto.

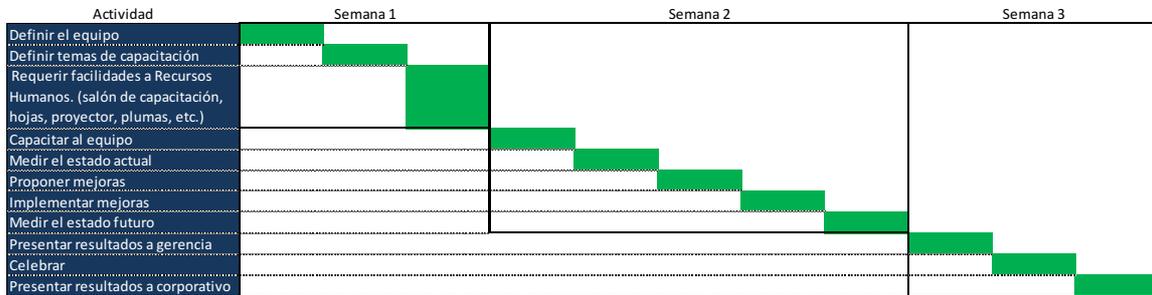


Figura II.4.- Diagrama de Gantt para el proyecto Kaizen

### II.5 Definir equipo

Para definir el equipo de trabajo, se tomó un representante de cada área crítica para la línea y que estuvieran familiarizados con el proceso, de esta manera aseguramos que las ideas vengan de puntos de vista diferentes y que se llegue a un consenso en el que todas las áreas involucradas estén de acuerdo.

El equipo multidisciplinario se enlista en la tabla I.1

Almacenista	RAMOS
Supervisor de Calidad I	NICASIO
Aux. Admvo. Ingenieria	TENORIO
Aux. Admvo. Mantenimiento	RAMOS
Soldador	DIAZ
Soldador	VAZQUEZ
Soldador	NAJERA
Ayudantes en General	SANCHEZ
Lider de Grupo Manuf Directo	TREJO

Tabla I.1.- Lista de integrantes del evento Kaizen

Estando este equipo a cargo del ingeniero de mejora continua.

## II.6 Capacitación

El primer paso del evento *Kaizen Blitz* es capacitar al personal en las herramientas LEAN tales como:

- Trabajo estándar
- 7 desperdicios
- 5's
- Cambio de paradigmas
- Administración visual

La capacitación es muy importante para este tipo de proyectos porque es donde, aparte de tener el primer contacto con las técnicas, el equipo se compromete a hacer un cambio tanto en el proceso como de pensamiento, debido a que se sensibiliza a cambiar de paradigmas, es decir, a no quedarse con los pensamientos que impiden mejorar, tales como: "No se puede", "así siempre se ha hecho", "ya se ha intentado", entre otras.

Así mismo, a través de dinámicas de grupo se promueve la integración del equipo. Punto esencial para el éxito de un proyecto.

## II.7 Evaluación Situación actual

Una vez entrenado al personal en las diferentes herramientas se continúa a evaluar la situación actual con el fin de definir una línea base de la cual partir para hacer la mejora, así mismo con dicha línea base

Como primer paso se evalúan las 5s, que es una técnica que nos da como resultado tener sólo lo que se necesita, ordenado y limpio, adicionalmente nos asegura que se mantenga todo en su lugar. Sin orden y limpieza, se dificulta el proceso de mejora ya que al no tener las cosas en un lugar definido, se pierde tiempo en buscarlas lo que puede afectar a la eficiencia y no cumplir con las piezas requeridas en el tiempo planeado.

Cuando se ha terminado de evaluar las 5s se procede a evaluar los 7 desperdicios con el objetivo de identificar las áreas que están consumiendo más recurso del planeado ya sea en forma de tiempo, energía, mano de obra, material o piezas defectuosas.

### II.7.1 Proceso de evaluación 5s

La evaluación de 5s se lleva a cabo de la siguiente manera:

- Se entrena al equipo Kaizen en 5s, ¿Qué es? ¿Cómo se lleva a cabo? ¿Qué impacto y beneficios tiene? Así como sus fases: Separar, ordenar, limpiar, estandarizar y mantener.
- El equipo audita la línea de acuerdo al *check-list* de 5s de la empresa.
- A partir de tal checklist, se obtienen las áreas de oportunidad, las cuales son las que el equipo asignó con menor valor (Figura II.5 y apéndice 1).
- Una vez identificadas las áreas de oportunidad, se anotan los hallazgos para cada fase dentro del método de las 5 s, ya sea separar, organizar, limpiar, estandarizar y mantener.

- Con los hallazgos se proporcionan propuestas y el equipo lleva a cabo la mejora
- Posteriormente se realiza una segunda auditoría para medir los avances de cada fase.

		5S'S		PUNTOS A REVISAR		AREAS A AUDITAR	
				Antes	Despues		
<b>Selección</b> Distinguir entre lo necesario y lo que no lo es	1.- Todos los objetos NO NECESARIOS fueron removidos del area?	3	4	4	4		
	2.- Los objetos dejados en el area estan arreglados, limpios y seguros?	4	4	4	4		
	3.- En el area estan solo los objetos/articulos de uso en el momento/frecuente	4	4	4	4		
	4.- Los objetos innecesarios son almacenados en el lugar adecuado o dispuestos correctamente?	4	4	4	4		
	5.- Existe un procedimiento/instruccion de trabajo/Diagrama de flujo que indique los pasos para Seleccionar y Disponer?	4	4	4	4		
<b>Ordenar</b> Un lugar para cosa y cada cosa en su lugar	6.- Existe un lugar especifico para cada cosa y marcado visualmente?	4	4	4	4		
	7.- Cada cosa esta en su lugar especifico (lugar apropiado y ordenado)?	4	4	4	4		
	8.- Se mantienen solo los objetos necesarios, nada en exceso?	3	4	4	4		
	9.- El area de trabajo esta ordenada?	4	4	4	4		
	10.- Existen normas/reglas/procedimientos para ordenar y limpiar el area de trabajo?	4	4	4	4		
	11.- Estan las areas de trabajo limpias (pisos, paredes, techos, etc.)?	4	4	4	4		
	12.- Los objetos , las herramientas y el equipo de trabajo se mantienen limpios y en buenas condiciones?	4	4	4	4		
	13.- Se eliminan suciedad, polvos, defectos, imperfecciones o contaminantes en el area?	4	4	4	4		
	14.- Se tiene un programa de limpieza donde se especifica la actividad a realizar, responsable y periodicidad?	4	4	4	4		
	<b>Limpieza</b> Metodos para mantener limpio	15.- Se tiene ayudas visuales necesarias y entendibles para mantener todo en orden?	4	4	4	4	
16.- Se respeta el lay out, los formatos, los procedimientos y señalamientos consistentemente?		4	4	4	4		
17.- Se llevan a cabo las auditorias al Programa 5S's, el lider visita el area y retroalimenta constantemente a el equipo?		4	4	4	4		
18.- Se elimina la causa raiz de suciedad, polvo, goteras, derrames, etc. ?		4	4	4	4		
19.- Esta la informacion de avances (Antes-Despues) en forma visible y entendible?		3	3	3	3		
20.- Se respetan las reglas para Seleccionar, Ordenar y Limpiar, asi como las de Seguridad?		4	4	4	4		
21.- El ambiente de trabajo es de respeto y compañerismo y se siente una actitud positiva?		4	4	4	4		
<b>Estandarizacion</b> Mantenimiento y Monitoreo de las primeras 3S's	22.- Se mantiene informacion constante de 5S's para el personal (talleres, practicas cortas, correos, pizarrones con avances, tripticos, etc.)?	4	4	4	4		
	23.- Se tiene evidencia del Compromiso y de Revisiones de la Gerencia sobre las 5S's?	4	4	4	4		
	24.- Se tiene evidencia de Mejoria Continua (Historias de exito)?	3	3	3	3		
<b>Disciplina</b> Creando una cultura	TOTAL PUNTOS POR AREA	92	94				
	% DE CALIFICACION EN AREA= (TOTAL PUNTOS POR AREA / TOTAL DE PUNTOS POSIBLES A OBTENER (120))*100	76.7%	78.3%				
		TOTAL PUNTOS EN PLANTA:					

Figura II.5.- Listado de verificación para 5s.

De acuerdo al *check-list* para la primera auditoría se identificó que se tenían objetos de más en el área que no eran propias del proceso u operación. Dentro estos objetos se encontraron latas de refresco, mochilas, trapos, documentos fechados con meses anteriores, herramientas del personal de mantenimiento sobre las máquinas, entre otras cosas los cuales fueron retirados del área o asignándoles un lugar según fuese el caso que estuviera debidamente identificado (estandarización).

Del check-list se ve que en la segunda auditoría siguen estando mal los puntos “información de avances visible” e “historias de éxito”. Esto debido a que en la planta no se había implementado un sistema integral de 5s en el cual se diera seguimiento puntual a puntos abiertos para la mejora del orden y limpieza y que la identificación de estos puntos dio pie a otro proyecto de implementación de 5s para todas las áreas de la planta.

### II.7.2 Proceso de evaluación de 7 desperdicios

Como se explicó en el capítulo anterior, los siete desperdicios son movimiento, sobreproducción, sobre inventario, transporte, espera, proceso y corrección. Éstos se llaman desperdicios ya que impide que el proceso fluya, crea partes defectuosas, crea tiempos muertos lo cual se traduce en pérdida de producción que a su vez es gasto de recursos innecesario (pérdidas económicas).

Para encontrar los 7 desperdicios descritos en el marco teórico, se llevan a cabo los siguientes pasos:

- Se entrena al equipo Kaizen en identificación de los 7 desperdicios, ¿Qué son? ¿Cómo se presentan? ¿Qué impacto tienen?
- Se le proporciona a cada integrante del equipo un formato de 7 desperdicios (ver Formato 2) el cual indica cada desperdicio así como espacios para anotar la operación, línea, tipo de desperdicio, solución, fecha de cierre y responsable.
- El equipo hace una **Caminata de Desperdicio**, en la cual se pone atención a identificar los diferentes tipos de desperdicios dentro de la línea o área en cuestión.
- Una vez identificadas las áreas de oportunidad, se anotan los hallazgos para cada desperdicio identificado como se muestra en la figura II.5.



Tipo de desperdicio: Sobreinventario Operación: 15 Línea: \_\_\_\_\_

Descripción del desperdicio: Se tiene mucho material acumulado.

Solución recomendada: Modificar Lay out y hacer flujo continuo.

Fecha de Cierre TBD Turno primero

Responsable Froylan

*Figura II.6.- Ejemplo de llenado de formato 7 desperdicios*

- Con los hallazgos se proporcionan propuestas y al mismo tiempo se asigna un responsable para dar seguimiento (miembro del evento Kaizen) y un responsable de la actividad (dueño del proceso), el cual se encarga de hacer la mejora y no necesariamente es miembro del taller Kaizen.
- Con el responsable definido se acuerda una fecha compromiso estimada de acuerdo a la experiencia tanto del equipo Kaizen como del dueño del proceso.
- Este plan (figura II.7) es administrado por el líder del proyecto Kaizen, el cuál le da seguimiento con cada uno de los responsables para los puntos abiertos hasta su cierre.
- Posteriormente se hace nuevamente una auditoría para ver las mejoras implementadas

7 DESPERDICIOS	No. De OP.	Hallazgo	Propuesta	Avance	Responsable	Seguimiento
sobreinventario	15	Tienen mucho material acumulado. Ya planchado	Hacer flujo one-piece-flow. Se mejora con los punzones y el lay out	100%	Ingeniería	Froylan
transporte	10	ir a buscar al montacarguista. No hay persona asignada de material para para towelbar	Asignar una persona de materiales para surtimiento	100%	Materiales	Hernán
proceso	15	no se tiene la IT.	Postear IT	100%	Ingeniería	Froylan
	20	se mueve el alma.	colocar un tope a una sola alma con imanes. Analizar movimiento de alma.	100%	Calidad	Omar/Froylan
Movimientos	almacén a dobladora	Camina 58.3m	Lay out	100%	Ingeniería	Froylan
	op 10-20	Camina 1.2 m	Lay out	100%	Ingeniería	Froylan
	op 20 a 30	Camina 1m	Lay out	100%	Ingeniería	Froylan
	op 150 para pintura	Camina 121.1 m	Lay out	100%	Ingeniería	Froylan
	op 150 a empacado	Camina 11.7 m	Lay out	100%	Ingeniería	Froylan
	de almacén a la línea (termofil)	180 ida y 180 vuelta	Lay out	100%	Ingeniería	Froylan
Inventario	LINEA B largo (363166AA01)	3300 Pzas	almacén MP. Confirmar con planeador. Adrián Juárez y Ruben castañeda.	100%	Materiales	Hernan
	LINEA A corto (363167AA01)	1684Pzas.	almacén MP. Confirmar con planeador. Adrián Juárez y Ruben castañeda.	100%	Materiales	Hernan
	LINEA B (422)	6400Pzas.	almacén MP. Confirmar con planeador. Adrián Juárez y Ruben castañeda.	100%	Materiales	Hernan
	LINEA A largo (363166AA01)	2597Pzas.	proceso. Surtir contra programa de producción	100%	Materiales	Hernan
	LINEA A corto (363167AA01)	1397Pzas.	proceso. Surtir contra programa de producción	100%	Materiales	Hernan
	LINEA B (422)	8762Pzas.	proceso. Surtir contra programa de producción. Seguimiento a la desviación para piezas por planicidad.	100%	Materiales	Hernan. Desviación: Julio

Figura II.7.- Plan para la mejora de la LINEA A Y B

De la Figura II.7 se observa que se tiene mucho material en proceso, así mismo existen caminatas de grandes entre operaciones. Para reducir estos efectos se propone implementar un flujo “mano a mano” que conlleva hacer un rediseño del Lay out y balanceo en tiempos ciclo.

Las caminatas de la línea a pintura o de almacén a la línea sin embargo, no se pueden modificar ya que las distancias están dictadas por restricciones físicas tales como falta de espacio en la planta para llevar la línea cerca de la cadena o almacén así como modificar la cadena de pintura. Las dos opciones tendrían un efecto de poca rentabilidad para el proyecto, por lo tanto para la problemática en cuestión se enfocará en las distancias dentro de la línea.

Adicionalmente, no existen IT (Instrucciones de Trabajo Estándar) en la operación 15, que nos indica que no hay una forma definida por el departamento de Ingeniería de hacer la operación.

## II.8 Línea base

De acuerdo con los objetivos planteados anteriormente podemos definir una línea base (Tabla II.2) que nos ayude a saber la situación inicial y que sirva de comparación para medir las mejoras una vez implementadas.

	Base-line
Espacio	138 m <sup>2</sup>
Distancia	Línea A: 17.5m Línea B: 6.5m
Rate (Pzs/hr)	200
Flujo continuo	sin flujo
5's	76.7%

Tabla II.2.- Línea Base

## II.9 Causa raíz de mezcla

Para conocer la causa raíz del problema se aplicó una técnica llamada 5 Why que consiste en preguntar ¿Por qué? De forma iterada a la respuesta anterior.

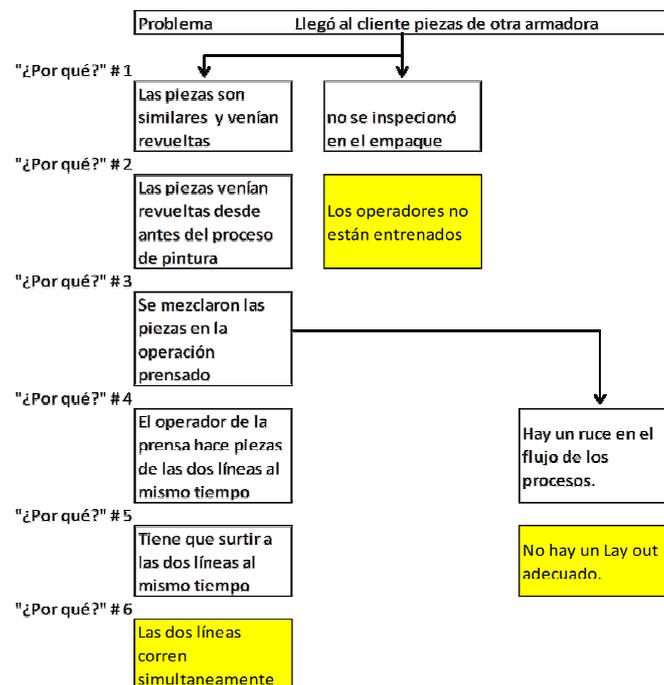


Figura II.8- Aplicación 5 Whys

Para el análisis se hizo en conjunto con todo el equipo para encontrar las causas raíces y posibles mejoras. Como se observa en la figura II.8 una causa es el entrenamiento de los operadores de empaque para hacer "inspección progresiva" que es la actividad en la cual cada operador debe

verificar su pieza tanto al principio (cuando reciben material/pieza de la operación anterior) como al final (una vez que acaban su operación) con el fin de que los defectos sean detectados tempranamente y no ocasionen inventarios de material defectuoso que luego se puede convertir en scrap o quejas del cliente como en este caso.

Por otro lado, se observa que una causa del problema es que las dos líneas tienen que correr al mismo tiempo, adicionalmente se tiene un cruce en el proceso lo que causa una probabilidad de confundir material y que se mezcle lo cual nos lleva a que es necesario una nueva distribución de maquinaria y un nuevo modelo de trabajo con el cual se pueda trabajar las líneas aleatoriamente.

## II.10 Análisis de Datos

De acuerdo a la sección II.7.2 “evaluación de 7 desperdicios” se concluyó que es necesario implementar “flujo mano a mano” y por consiguiente un cambio en el Lay out, para lo cual se tiene que revisar la distribución actual de la maquinaria así como el flujo para las dos líneas.

Así mismo en el análisis de la causa raíz del problema de la mezcla es evidente que se necesita cambiar la distribución de la maquinaria. Por estas razones en la siguiente sección se hace una propuesta de Lay-out.

## II.11 Propuesta

El cambio de Lay-out fue propuesto por consenso por el equipo KAIZEN. A continuación se muestra el Lay out antes de la mejora y su flujo.

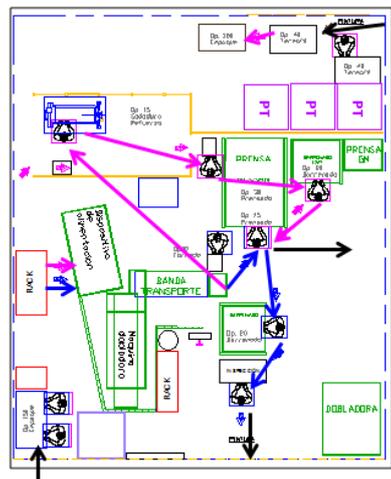


Figura II.9.- Lay-Out condición inicial

Se observa en la Figura II.9 anterior los flujos identificados con diferente color para cada producto. El color rosa identifica la LINEA A mientras el color azul identifica la LINEA B.

Existen distancias grandes entre operaciones así como cruces en el flujo de los materiales. Se aprecia que se comparte la prensa resultando en una restricción y cuello de botella ya que no permite fluir las dos líneas independientemente, lo que crea desperdicios como inventarios al tener que hacer lotes en segundo turno para tener material disponible para las otras operaciones. Se identifican también desperdicios de tiempo, movimiento y transporte.

Por consiguiente se propuso el siguiente acomodo:

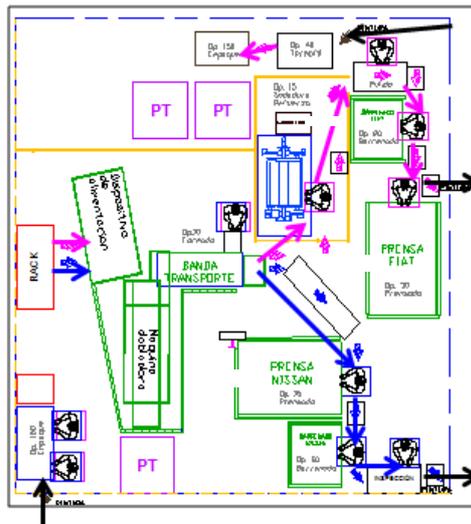


Figura II.10.- Lay-out condición final

En la Figura II.10 se observa lo siguiente:

- Reducción de distancia entre operaciones, lo que permite un flujo pieza a pieza (conocido también como mano a mano o one piece flow en inglés)
- División de flujos para cada línea sea A o B lo que sirve como un *poka yoke* para que no se mezclen las piezas que era el problema que se tenía.
- Sólo se comparte la dobladora por lo que se elimina la dependencia de la prensa liberando así un segundo turno en tal prensa.

NOTA: La prensa que se añade a la LINEA B es una máquina que estaba ya en la planta pero no estaba activa ya que fue resultado del término de un programa con una armadora, por lo tanto se podía utilizar libremente para implementarse en la mejora.

Una vez definido el Lay out, se pasó a prueba con el Gerente de planta y gerentes de las diversas áreas, los cuales aprobaron el cambio y se cotizó el cambio.

Como parte del taller kaizen, el equipo se hizo cargo de la mayor parte del cambio disminuyendo costos de mano de obra.

Se muestra a continuación un comparativo de la propuesta:

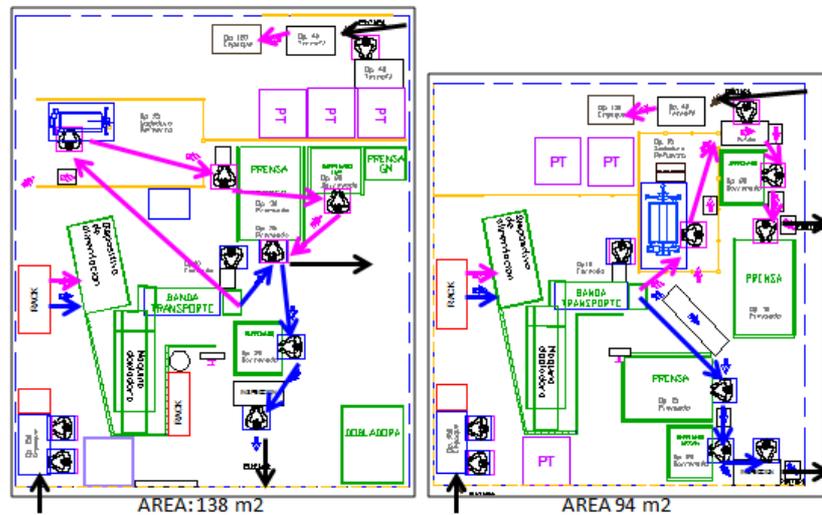


Figura II.11.- Comparativo de Lay-out inicial-final

## II.12 Planeación de los requerimientos

Se consultó con el experto de mantenimiento cuáles eran los requerimientos para hacer el cambio y así tener un estimado del costo para posteriormente hacer un análisis de sensibilidad del proyecto.

### Material de Ferrería:

- 200 Taquete arpon de 3/8" x 3 1/2"
- 10 Tubo galvanizado C40 de 3/4"
- 20 Codo galvanizado C40 de 3/4" x 90
- 10 T galvanizada C40 de 3/4"
- 5 Cinta teflón Garlock de 3/4"
- 300 Pija punta de broca cabeza hexagonal de 3/4" x 1 1/2"
- 6 Valvula de esfera roscada de 3/4" IUSA
- 10 Valvula de esfera roscada de 1/2" IUSA
- 10 Tubo galvanizado C40 de 1/2"
- 20 Codo galvanizado C40 de 1/2"
- 100 Nudo para cable de acero de 1/8"
- 15 Reduccion bushing de 3/4" a 1/2" galvanizada C40

### Material eléctrico:

- 100 m Cable uso rudo 3x12, 600 V, Indiana
- 200 m Cable THW cal 10
- 20 Tubo conduit pared gruesa de 3/4"
- 20 Condulet LB de 3/4"
- 20 Abrazadera U para tubo de 3/4"
- 10 Condulet FS de 3/4"
- 10 Cinta Nitto
- 8 Luminario tipo industrial 2x28 W T5, multivoltaje, con reflector especular acabado espejo, completo.

### Mano de Obra:

10 personas en turnos de 9 horas

**Personal del taller**

			Costo unit	Costo por día	Total 4 días USD
<b>Mantenimiento</b>	Jocsan	IDL	3.29	29.61	118.44
<b>Ingeniería</b>	Froylan	IDL	3.29	29.61	118.44
<b>Calidad</b>	Omar nicasio	IDL	3.29	29.61	118.44
<b>Materiales</b>	Hernán Ramos	IDL	3.29	29.61	118.44
<b>Producción</b>	Victorino Najera	DL	2.09	18.81	75.24
	Esperanza Sanchez	DL	2.09	18.81	75.24
	Tomás Díaz Rodriguez	DL	2.09	18.81	75.24
<b>Lider</b>	Juan Vazques Ortiz	DL	2.09	18.81	75.24
	Julio trejo	DL	2.09	18.81	75.24

**total 849.96 USD**

**Material**

eléctrico 433.27 USD  
 Servicio de aire 348.83 USD

**total 782.1 USD**

**Mano de Obra**

**Personal**

Mantenimiento:	horas	C unitario USD	C total (USD)
	8	9	3.29 236.88
	2	9	3.29 59.22

**Total 296.1 USD**

**Costo total**

Material	\$ 782.10
Mano de Obra	\$ 296.10
Curso	\$ 849.96

**Total \$ 1,928.16**

## II.13 Cálculo de tiempos

### II.13.1 Condiciones iniciales

Se sabe que para un primer turno el horario es 6:00 am a 15:30pm, sin embargo para utilizar en cálculos, las horas efectivas se toman 8.5 horas en lugar de 9.5 debido a que se considera 30min de comida y 30 min para juntas de la línea, paros por programas de seguridad, limpieza, ergonomía del sindicato así como ir al baño y tomar agua. Lo mismo se aplica para un segundo turno con la diferencia que en el segundo turno no tiene hora de comida. El horario del segundo turno va de 15:30pm a 23:30pm, pero horas efectivas tiene 7.5 horas.

<b>TURNOS</b>	<b>2</b>
<b>1er Turno</b>	<b>8.5 hrs</b> (efectivas)
<b>2do turno</b>	<b>7.5 hrs</b> (efectivas)

A continuación se muestran los tiempos ciclo de cada línea

LINEA A									
OP	Tiempo Ciclo	RATE	Capacidad diaria	Req. Diario	Req. / Hr	Takt time	Personal	% utilización	
Doblado	108	21	171.43	1457.14	1400	164.7059	21.86	1	96%
Soldadura	15	29	124.14	1055.17	1400	164.7059	21.86	2	133%
Barrenado	20	20	180.00	1530.00	1400	164.7059	21.86	1	92%
Prensado	30	13	276.92	2353.85	1400	164.7059	21.86	1	59%
Termofit	150 (2)	14	257.14	2185.71	1400	164.7059	21.86	1	64%
Empaque	150 (3)	5	720.00	6120.00	1400	164.7059	21.86	1	23%
								7	

LINEA B									
OP	Tiempo Ciclo	RATE	Capacidad diaria	Req. Diario	Req. / Hr	Takt time	Personal	% utilización	
Doblado	10	17	211.76	1800.00	1425	167.6471	21.47	1	79%
Prensado	15	18	200.00	1700.00	1425	167.6471	21.47	1	84%
Barrenado	20	8	450.00	3825.00	1425	167.6471	21.47	1	37%
Inspección	1	6	600.00	5100.00	1425	167.6471	21.47	1	28%
Empaque	150	22	163.64	1390.91	1425	167.6471	21.47	2	102%
								6	

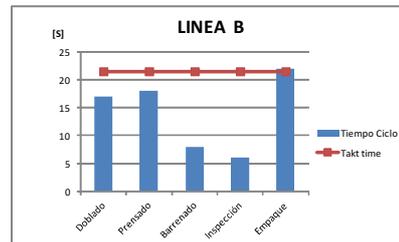
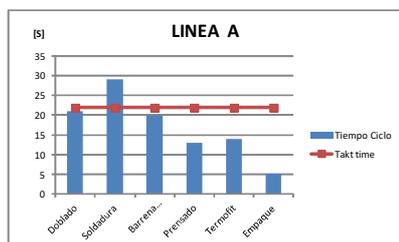


Figura II.12.- Condiciones iniciales de LINEA A y B.

En la tabla de datos de las líneas se puede observar información relativa a nombre y número de operación, tiempos ciclos de cada una, el *rate* (piezas por hora) Capacidad diaria, requerimiento diario requerimiento por hora takt time, personal requerido para cumplir el requerimiento y porcentaje de utilización.

Como se definió en el capítulo 1 el *Takt time* es el ritmo de producción que marca el cliente para cumplir con su demanda. Este es un métrico importante ya que comparándolo con el tiempo ciclo puede saberse si la operación cumplirá con la demanda o no lo cual se muestra en las gráficas en donde se puede apreciar el tiempo ciclo por operación y el *Takt time*.

Para la LINEA A la restricción (cuello de botella) es la operación 15 *soldadura* la cual en la gráfica rebasa el *Takt time* y se comprueba con un porcentaje de utilización de 133%, es decir nos falta 33% adicional al turno de 8.5 horas.

En la LINEA B la operación más tardada es el *empaque* sin embargo se tiene ahí a dos operadores por lo que el porcentaje de utilización de 102% se reparte en dos. La siguiente operación más tardada es el *prensado* con un 84% de utilización.

Una consideración importante a tomar en cuenta es que como sólo se tiene una prensa para las dos líneas, el porcentaje de utilización para esta operación en la LÍNEA A del 59% y en la LÍNEA B del 84% se tienen que sumar por lo que resultaría un porcentaje de utilización de 143% y se tiene que recurrir a un segundo turno para esta operación.

Adicionalmente otra operación que comparten ambas líneas es el *Doblado* para el cual se tiene un porcentaje de utilización de 175% resultado de la suma de 96% LINEA A y 79% por lo que también aquí se requiere un segundo turno.

*Máquinas comunes*

	Linea A		Linea B	
	Utilización (hrs)	Utilización (%)	Utilización (hrs)	Utilización (%)
<i>Doblado</i>	8.17	96%	6.73	79%
<i>Prensado</i>	5.06	59%	7.13	84%

*Tabla II.3.- Utilización de maquinaria*

La distribución del personal de operación queda de la siguiente forma:

Linea A			Linea B		
	1er turno	2do turno		1er turno	2do turno
<i>Doblado</i>	1	0	<i>Doblado</i>	0	1
<i>Prensado</i>	1	0	<i>Prensado</i>	0	1
<i>Soldadura</i>	1	1	<i>Barrenado</i>	1	
<i>Barrenado</i>	1		<i>Inspección</i>	1	
<i>Termofit</i>	1		<i>Empaque</i>	2	
<i>Empaque</i>	1				
	7			6	
Total de mano de obra	13				

*Tabla II.4.- Distribución de personal inicial.*

Debido a que el tiempo ciclo en soldadura para la LINEA A es mayor que el *Takt time* (y no se dispone de otra celda) se tiene que ocupar otro turno. Por lo tanto se requiere seis operadores en el primer turno y uno en la tarde para soldar.

Para la LINEA B se requiere cuatro operadores en la línea en el primer turno y para las operaciones compartidas con la LINEA A se necesita dos operadores para el segundo turno.

### II.13.2 Condiciones finales

- Mejora 1

La mejora para estas líneas consiste en ocupar una prensa que se encontraba en la planta sin usar, adaptarla y ocuparla para producir en la LINEA B y de esta forma romper el cuello de botella.

Los resultados son los siguientes:

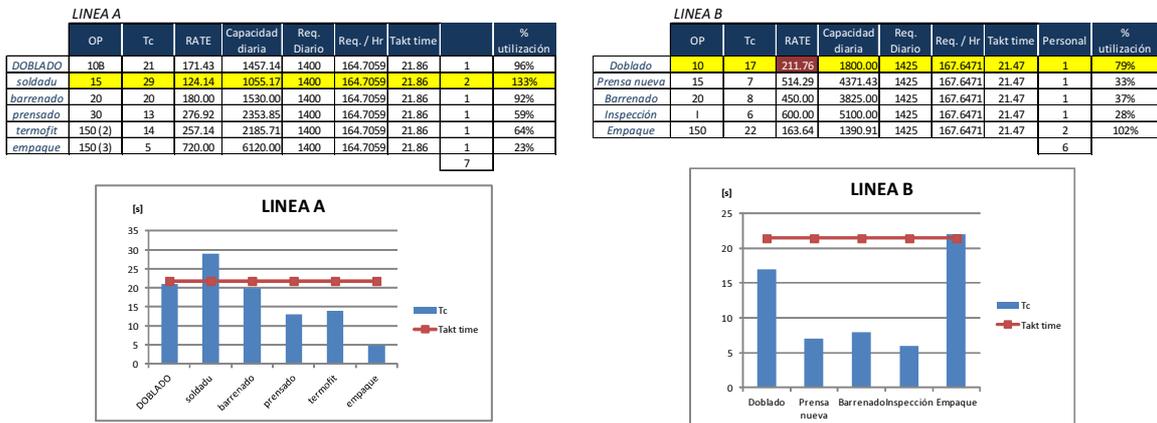


Figura II.13.- Condiciones finales de LINEA A y B.

En la tabla de *rate* de la LINEA B en la Figura II.13 observa que el cuello de botella que se encontraba en la prensa, tiene un tiempo ciclo mayor pasando de 200 piezas por hora a 514 piezas por hora.

Por lo tanto se ve una mejora en *rate* de 200 piezas por hora a 211 piezas por hora.

- Mejora 2

Por otro lado en las tablas de tiempos el porcentaje de utilización de la LINEA A de las operaciones *Prensado* y *Termofit* son de 59% y 64% respectivamente, así mismo tenemos 37% para la operación *barrenado* y 28% para *Inspección*. Con estos porcentajes se puede ocupar un operador para dos operaciones lo que da como resultado una mejora en eficiencia en mano de obra del 23%.

La distribución de los operadores queda de la siguiente manera:

Linea A			Linea B		
	1er turno	2do turno		1er turno	2do turno
<i>Doblado</i>	1	0	<i>Doblado</i>	0	1
<i>Prensado</i>	1	0	<i>Prensado</i>	0	0
<i>Soldadura</i>	1	1	<i>Barrenado</i>	0	
<i>Barrenado</i>	1		<i>Inspección</i>	0	
<i>Termofit</i>	1		<i>Empaque</i>	2	
<i>Empaque</i>	1				
	7			3	
Total de mano de obra			10		

Tabla II.5.- Distribución de personal después de mejora

Para que la operación *doblado* pueda cubrir la demanda se requiere un operador en el primer turno y otro en el segundo, sin embargo en la prensa ya no es requerido un segundo turno.

Para la operación de barrenado e inspección de la LINEA B, de acuerdo con los porcentajes de ocupación y gráfica de tiempo ciclo, pueden provenir de la LINEA A de las operaciones *termofit* y *empaques*.

### II.14 Análisis costo - beneficio

Una vez tenido el cálculo de los requerimientos se hizo el cálculo del beneficio que conllevaría el cambio.

De éste análisis se observa que se puede trabajar con 10 personas en lugar de 13. Con lo cual se tiene un ahorro de 3 personas.

Costo total	
Material	\$ 782.10
Mano de Obra	\$ 296.10
Curso	\$ 849.96
<b>Total</b>	<b>\$ 1,928.16</b> USD
Costo por persona anual	\$ 10,000.00 USD
Costo por 3 personas anual	\$ 30,000.00 USD
<b>Ahorro Total anual</b>	<b>\$ 28,071.84</b> USD



# CONCLUSIONES

---

Lean Manufacturing es una metodología que puede tener resultados medibles de gran impacto en las organizaciones. De acuerdo a la problemática que se presente se decide aplicar alguna de las herramientas de la metodología LEAN tal como 5s, TPM, SMED, KANBAN, JIT, etc.

Para la mezcla de productos, se identificó que el problema venía de la operación prensado por la cual pasaban las dos líneas y que daba oportunidad a que se mezclen los productos. Antes de la mejora se producían dos productos al mismo tiempo, sin embargo con la propuesta se produce un producto a la vez, es decir, si produce la LINEA A, no produce la LINEA B y viceversa, de esta forma los lotes que van a la línea de pintura son ya sea de un modelo o de otro lo que asegura tener lotes de un solo producto y no tener mezclas a la hora de empacar.

El presente proyecto tuvo como resultado mejora en espacio en 31%, se redujo la distancia entre operaciones en un 57% y 30% dependiendo el producto. El rate se incrementó de 200 a 212 lo que nos da un aumento de productividad de 6 % con lo cual pudimos eliminar fuerza de trabajo.

En la parte financiera se reflejó un ahorro anual de \$ 28,071.84 dólares estadounidenses.

Por lo tanto, los beneficios fueron tanto financieros y productivos, así como menor fatiga de los operadores, el área más limpia y un espacio de trabajo mejor distribuido y limpio.

Adicionalmente se mejoró la calidad al mejorar los troqueles de la LINEA B en el cuál se tenía una variación en el alma (ver *Figura II.6.- Plan para la mejora de la LINEA A Y B* en la sección II.7.2) y al eliminar la variación, se mejoró la calidad de los barrenos y por lo tanto de las pieza. Así mismo se implementaron racks especiales para el traslado de las piezas de a la cadena (recorrido más largo) de pintura para que sean colgadas y pintadas, en lugar de llevarlas en cajas. Estos racks a su vez también mejoran el transporte de regreso a línea para ser empacadas, mejorando el manejo de material y la calidad evitando que se rayen, golpeen y mejorando la ergonomía del operador.

# LECCIONES APRENDIDAS

---

Una parte importante al hacer una actividad, en este caso un Proyecto, es aprender tanto de lo positivo como de lo negativo. Para este proyecto las lecciones aprendidas fueron las siguientes.

Ante en cualquier cambio de nuestro entorno, el humano tiene una resistencia a transitar de un estado a otro, generalmente causa miedo estar en un lugar o una situación desconocida. Así mismo, el equipo tuvo que pasar esta fase. Algunos integrantes del equipo pusieron barreras para implementar alguna herramienta o para intentar algo nuevo. La forma en la cual se mitigó esta resistencia fue dar un módulo de paradigmas en donde se exponen excusas ante el cambio que comúnmente aparecen, así también se profundizó en ejemplos en donde el cambio ha sido benéfico y a su vez resaltar las ventajas de cambiar.

La siguiente lección también tiene que ver con el equipo y es cuando aparece la persona que sólo participa negativamente y a su vez es líder, es decir, hace que los demás sigan su negatividad. Sin un buen manejo de este personaje, el proyecto puede fracasar ya que la metodología Kaizen depende principalmente del equipo multidisciplinario y si éste no está abierto al cambio, difícilmente se llevará a cabo una mejora. Para reducir la influencia de este personaje, se le dejó expresarse, posteriormente se le explicó con ejemplos de la vida diaria e historias de éxito en la empresa las ventajas del cambio y se le preguntó directamente en qué situación ha cambiado y qué beneficio obtuvo. Al ver que en su vida, el cambio ha tenido un impacto positivo, su actitud cambió y comenzó a promover un ambiente abierto al cambio.

Los recursos en un proyecto deben ser cuidados puntualmente durante toda la vida del proyecto ya que el proyecto no debe exceder los recursos estimados. Éstos pueden ser tiempo, dinero, recurso humano, materiales, entre otros. Para llevar a cabo el proyecto kaizen generalmente no se asignan recursos monetarios, el equipo es multifuncional, por lo que están en calidad de “prestados” y en repetidas ocasiones tienen que salir del entrenamiento para dar servicio a otras líneas o actividades. Como lección aprendida para futuros proyectos es implementar un project charter el cual es una herramienta en donde se ponen los recursos a utilizar, así como el alcance del proyecto y es firmada por la gerencia para mantener el compromiso.

# Glosario

---

**KAIZEN-** Mejora Continua

**Lay out-** Distribución de máquinas, instalaciones y personal de a línea.

**WIP-** Work in process o trabajo en proceso.

**MUDA-** Desperdicio

**SCRAP-** Material rechazado que no puede ser retrabajado.

**Black belt-** Usado en la metodología Six sigma para denotar que se es un experto que capacita y guía a los otros en la metodología.

**Greenbelt-** Usado en la metodología Six sigma para denotar que la persona se puede hacer cargo de un proyecto de mejora utilizando los pasos DMAIC.

**DMAIC-** Proceso dentro de la metodología DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar)

**Caminata de desperdicio-** Auditoría en piso al proceso para identificar los 7 desperdicios a fin de eliminarlos o controlarlos.

**Takt time-** Coeficiente entre el tiempo disponible y el número de unidades a producir en ese tiempo. Indica cuánto se tendrá que tardar producir una pieza para poder cumplir con el requerimiento.(seg/pza)

**Rate-** Velocidad de producción de un operador, máquina o línea. (piezas/hora)

# Bibliografía

---

Manual de Lean Manufacturing Guía básica. Alberto Villaseñor Contreras. México; Limusa, 2007.

Lean manufacturing. Conceptos, técnicas e implantación. Fundación EOI, Madrid 2013. Juan Carlos Hernández y Antonio Vizán. Pág 10

LEAN SIX SIGMA PRIMER. Quality Council of Indiana. First Edition April 2, 2007

The Six Sigma Handbook. Thomas Pyzdek & Paul Keller. 2010. 3rd Edition



## Apéndice 2- Formato de hallazgos de 7 desperdicios

1- Construcción	2- Distribución	3- Transporte	4- Exceso de inventario	5- Falta	6- Sobreinventario	7- Fracaso
Tipo de desperdicio: _____			Operación: _____		Línea: _____	
Descripción del desperdicio: _____						
Solución recomendada: _____						
Fecha de Cierre Responsable: _____			Fecha: _____			
Tipo de desperdicio: _____			Operación: _____		Línea: _____	
Descripción del desperdicio: _____						
Solución recomendada: _____						
Fecha de Cierre Responsable: _____			Fecha: _____			
Tipo de desperdicio: _____			Operación: _____		Línea: _____	
Descripción del desperdicio: _____						
Solución recomendada: _____						
Fecha de Cierre Responsable: _____			Fecha: _____			
Tipo de desperdicio: _____			Operación: _____		Línea: _____	
Descripción del desperdicio: _____						
Solución recomendada: _____						
Fecha de Cierre Responsable: _____			Fecha: _____			
Tipo de desperdicio: _____			Operación: _____		Línea: _____	
Descripción del desperdicio: _____						
Solución recomendada: _____						
Fecha de Cierre Responsable: _____			Fecha: _____			