



Universidad Autónoma de Baja California

Facultad de Ciencias Químicas e Ingeniería

Ingeniería Industrial

**Reducción de tiempos de proceso en la validación de
primera plantilla en el departamento de placas**

T e s i s

Para obtener grado de:

Ingeniero Industrial

Presenta:

Velasco Félix Ramón Ricardo

Director de tesis:

Dr. Juan Andrés López Barreras

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE FIGURAS	4
ÍNDICE DE TABLAS	5
ÍNDICE DE GRÁFICAS.....	6
ÍNDICE DE DIAGRAMAS.....	7
AGRADECIMIENTOS	8
INTRODUCCIÓN	9
CAPITULO 1.- SEMBLANZA DE LA EMPRESA ELECTRO ÓPTICAS SUPERIOR S.A DE C.V	10
1.1 Semblanza de la empresa	10
1.2 Historia.....	10
1.3 Sector industrial	10
1.4 Ubicación de la empresa.....	12
1.5 Política de calidad	12
1.6 Misión.....	13
1.7 Visión	13
1.8 Valores.....	13
1.9 Distribución de planta.....	13
1.10 Organigrama	15
1.11 Descripción del proyecto.....	16
1.12 Objetivo del proyecto	16
1.13 Objetivo general.....	17
1.14 Metas (aportaciones y alcances del proyecto)	17
1.15 Justificación del proyecto	17
1.16 Hipótesis y variables	18
CAPITULO 2.- FUNDAMENTO TEÓRICO.....	19
2.1 Seis Sigma.....	19
2.2 Metodología Seis Sigma	20
2.2.1 Paso 1: Definición.....	20
2.2.2 Paso 2: Medición	21

2.2.3	Paso 3 Análisis	23
2.2.4	Paso 4 Implementación	24
2.2.5	Paso 5 Control	24
2.3	Manufactura Esbelta (Lean Manufacturing)	24
2.3.1	Conceptos básicos	27
2.3.2	Herramientas Lean	28
CAPITULO 3. DESARROLLO DEL PROYECTO		34
3.1	Definición	34
3.2	Medición.....	34
3.3	Análisis.....	42
3.3.1	Documentación.....	42
3.3.2	Proceso.....	43
3.4	Implementación.....	46
3.4.1	Actividades de alto beneficio que se deben de implementar	46
3.4.2	Actividades de poco beneficio y fáciles de implementar.....	51
3.4.3	Actividades que representan un reto su implementación.	51
3.5	Resultados obtenidos.....	52
CAPITULO 4.- CONCLUSIONES.....		56
BIBLIOGRAFIA		58

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de la empresa Electro Ópticas Superior S.A de C.V.	12
Figura 2. Empresa Electro Ópticas Superior S.A de C.V.	12
Figura 3. Distribución de planta.....	14
Figura 4. Organigrama de la empresa Electro Ópticas Superior S.A de C.V..	15
Figura 5. Enfoque tradicional y enfoque Esbelto.....	18
Figura 6. Marco histórico de Seis Sigma.....	19
Figura 7. Proceso DMAIC..	20
Figura 8. Marco histórico de Manufactura Esbelta..	25
Figura 9. Comparación de Hojas de operación contra registros del estatus del producto.	42
Figura 10. Rollo de componentes o tape and reel.....	43
Figura 11. Pantalla de modulo de verificación.	46
Figura 12. Introducir número de orden.	47
Figura 13. Pantalla de captura de componentes.	47
Figura 14. Pantalla de componentes faltantes.	48
Figura 15. Pantalla para introducir numero de orden y lado de set-up.....	48
Figura 16. Pantalla de captura de componentes para armado de set-up.	49
Figura 17. Pantalla de componentes faltantes en set-up..	49
Figura 18. Pantalla para seleccionar continuar o terminar..	50
Figura 19. Pantalla para seguir con el armado del lado faltante (inferior o superior). ..	50

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Resumen de proceso. Fuente: Elaborada a partir de los datos obtenidos del proceso de validación de la primera plantilla.....	16
Tabla 2. Resumen de proceso actual. Fuente: Datos obtenidos del proceso de validación de la primera plantilla.....	52
Tabla 3. Resumen de proceso después del evento Kaizen. Fuente: Datos obtenidos del proceso de validación de la primera plantilla.....	52
Tabla 4. Resumen del proyecto. Fuente: Datos obtenidos del proceso.....	54

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Distribución de tiempos de proceso, Método Actual”	16
Gráfica 2. Distribución de tiempos de Proceso.....	41
Gráfica 3. Pick Chart, Clasificación de ideas.....	45
Gráfica 4. Diferencia entre operaciones del proceso actual y después del evento Kaizen.....	53
Gráfica 5. Distribución de operaciones método actual.....	53
Gráfica 6. Distribución de operaciones después del evento Kaizen.....	54

ÍNDICE DE DIAGRAMAS

Diagrama 1. Diagrama de flujo de proceso actual.....	40
Diagrama 2. Diagrama de recorridos.....	41
Diagrama 3. Distribución de área propuesta.	55

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la empresa Electro Ópticas Superior brindarme su apoyo y confianza en la realización del proyecto de tesis para titulación.

Al Gerente de Ingeniería Marco Chávez y al Gerente de Producción José Munguía, por darme su confianza, al igual de apoyarme con los recursos necesarios para la realización de este proyecto.

Agradezco a mis padres haberme guiado por buen camino durante todos estos años, por haberme apoyado y brindado una excelente educación que me ha hecho crecer como persona y como profesional.

A mi novia Karina Pérez por apoyarme en los buenos y malos momentos, motivándome para seguir adelante.

Agradezco a la Facultad de Ciencias Químicas e Ingeniería por los programas de excelencia que me ayudaran a alcanzar el éxito en cada una de las actividades laborales que se me presenten.

A mi Director de Tesis el Dr. Juan Andrés López Barrera por su disposición, apoyo y paciencia durante el tiempo de realización del proyecto.

INTRODUCCIÓN

Actualmente los Ingenieros juegan un papel importante en el crecimiento y desarrollo de las empresas, buscando sobrevivir en un ambiente altamente competitivo, mediante la innovación y mejora continua de los procesos, estando comprometidos a alcanzar los más altos estándares en productividad y calidad.

En el presente documento, se mostrara un Evento Kaizen realizado en la empresa Electro Ópticas Superior S.A de C.V con el objetivo de desarrollar, analizar y reducir los tiempos de elaboración de la primera plantilla en el departamento de placas, aplicando metodologías de mejora continua como Seis Sigma y Manufactura Esbelta.

En el primer paso se define el problema que se presenta en el proceso de validación de la primera plantilla, en base a los requerimientos del cliente y sus expectativas, de igual manera, se determina el alcance del proyecto, delimitando el inicio y final del proceso.

En la siguiente etapa, se medirá el desempeño actual del proceso del cual se busca mejorar. Se utilizará el diagrama de flujo de proceso donde se registraran todas las actividades que se realizan para la validación de la primera plantilla y un diagrama de recorridos.

Durante la etapa del análisis, se utilizaran los datos recolectados en la etapa anterior para identificar las oportunidades de mejora, es decir, se determinan las actividades que agregan valor al producto y las que no agregan, con el objetivo de eliminar estas últimas.

En base a los datos obtenidos, se implementaran las mejoras necesarias, con las que se podrán reducir las demoras del proceso, lo cual se verán reflejas en reducción de costos, tiempos de elaboración y entregas a tiempo.

CAPITULO 1.- SEMBLANZA DE LA EMPRESA ELECTRO OPTICAS SUPERIOR S.A DE C.V

1.1 Semblanza de la empresa

La empresa, Electro Ópticas Superior S.A de C.V, inicio operaciones en 1986, pertenece y es operada por Lockheed Martin Corporation. Ha evolucionado progresivamente a través del crecimiento cuidadosamente administrado de capacidades y tecnología.

1.2 Historia

1986.- Inicia operaciones en La Mesa de Otay, Tijuana, B.C, México, en una nave industrial con una superficie de 52,000 Ft², fabricando alto volumen de costura, remachado y ensambles de CCA (ensamble de tarjetas de circuitos).

1989.- La cantidad de personal asciende a 325 empleados e incrementa la producción de sistemas de detección por laser a 1,200 unidades por semana.

1991.- Se reubica la empresa en La Mesa, Tijuana, B., México, a una nave industrial con una superficie de 43,000 Ft².

1992.- Se implementa la producción de cables moldeados.

- A. Se instala equipo de prueba digital HP3070.
- B. Se instala equipo de choque termal y vibración.
- C. Se obtiene la licencia mexicana de Agencia de Protección Ambiental EPA.

1994.- Se obtiene certificación en ISO 9001:1994

- A. La capacidad sobrepasa los 800 números de parte.
- B. Se producen más de 2 Millones de CCA's y 150,000 cables.

1997.- Se sistema MRP e información del producto conectados a Orlando y San Diego.

- A. Se instala equipo para prueba de Laser Óptico.
- B. Se estable en San Diego oficinas de soporte técnico.

2000.- Se establece línea automatizada de SMT

2003.- Se certifica la línea SMT en J-STD-001 clase 2.

2005.- Se obtiene certificación en AS9100

- A. Se imparten cursos de certificación en J-STD e IPC al personal
- B. Las celdas de producción operan en base al Takt Time.
- C. Se implementan programas de 6's.
- D. Se promueve la mejora continua mediante Eventos Kaizen.

1.3 Sector industrial

Manufactura de Cables y arneses

- A. Más de 20 años de experiencia en manufactura de cables y arneses.
- B. Certificación J-STD-001 e IPC-A-620.
- C. Amplia gama de complejidad.
- D. Capacidad de trabajar todo tipo de cables.
- E. De 1 a 2,000 cables.
- F. Preparación de cable automatizada.
- G. Estación de prueba eléctrica DC Eclipse.
- H. Ensamble semiautomático de cables y arneses.
- I. Estación de prueba para cables coaxiales.

Manufactura de placas electrónicas

- A. Línea automatizada SMT.
- B. Capacidad de producir 450,000 unidades anualmente.
- C. Maquina de Ola.
- D. Horno de reflujo Victronics.
- E. Sistema de lavado de placas Aqueous.
- F. Evaluación de soldadura en rayos X.
- G. Estaciones de prueba eléctrica.
- H. Prueba de residuos.
- I. Área para aplicación capa conformal y curado UV.
- J. Proceso certificado en J-STD-001 clase 3.

Ensamblajes eléctricos y mecánicos.

- A. Ensamblajes de Radio Frecuencia.
- B. Ensamblajes electromecánicos.
- C. Ensamblajes mecánicos.
- D. Ensamblajes de detector de laser.

Certificaciones

- A. ISO 9001:1994.
- B. OSHA
- C. AS9100
- D. Calificación de línea SMT en J-STD-001 clase 3.
- E. 3 Black Belts y 8 Green Belts
- F. Aceptación de contratos DCMA (Defense Contract Management Agency)
- G. Estrategia OET
 - a. Kanban
 - b. Trabajo estandarizado.
 - c. 5's
 - d. Flujo pieza por pieza.

1.4 Ubicación de la empresa

La empresa Electro ópticas Superior S.A de C.V está situada en la ciudad de Tijuana Baja California, México, con dirección en Calle Alba y Terrazo No. 9, Complejo Industrial Bustamante, la Mesa. Figura 1 y 2.



Figura 1. Ubicación de la empresa Electro Ópticas Superior S.A de C.V. Fuente: maps.google.com



Figura 2. Empresa Electro Ópticas Superior S.A de C.V. Fuente: Electro Ópticas Superior S.A de C.V

1.5 Política de calidad

En Electro Ópticas Suprior estamos comprometidos con la satisfacción total de los requerimientos de nuestros clientes mediante la implementación, mantenimiento y mejoramiento continuo de un sistema productivo de clase mundial.

1.6 Misión

Satisfacer completamente los requerimientos de nuestros clientes y alcanzar altos niveles de productividad financiera mediante la entrega de productos y servicios que cumplan con los más altos niveles internacionales de calidad.

1.7 Visión

Establecer a Electro Ópticas Superior como una planta de manufactura motivada para innovar, respaldada por la integridad de su personal y enfocada a ayudar a los clientes en alcanzar sus metas más desafiantes.

1.8 Valores

Honestidad: Ser honrados en todos nuestros esfuerzos; ser honestos y francos entre nosotros mismos así como con nuestros clientes, comunidades, proveedores y accionistas.

Integridad: Hacer lo que nos proponemos decir, cumplir con lo que prometemos y defender lo que es justo.

Respeto: Tratarlos unos a los otros con dignidad y equidad, apreciando la diversidad de nuestro cuerpo laboral y la singularidad de cada empleado.

Confianza: Establecer confianza por medio del trabajo en equipo y la comunicación franca y sincera.

Responsabilidad: Dar nuestra opinión sin temor a las represalias e informar sobre las inquietudes que surjan en el lugar de trabajo, incluyendo la violación de leyes, reglamentos y normas de la compañía; y procurar asesoría y aclaraciones siempre que surja alguna duda.

Civismo: Obedecer todas las leyes de los países en donde tenemos negocios y hacer lo que sea necesario por nuestra parte para mejorar las comunidades en donde vivimos y trabajamos.

1.9 Distribución de planta.

Electro Ópticas Superior cuenta con 8 departamentos: Cables, Vehículos, Costura, Sat's, Placas, Almacén, Envíos y Recibos.

El departamento de Placas (área del proyecto) está dividida en SMT, Ensamble, Soldadura de Ola, Soldadura Manual, Prueba Eléctrica y Aplicación de Capa Conformal.

En la Figura 3 se muestra la distribución de las diferentes áreas de la empresa; el área sombreada de verde es el departamento de Placas.

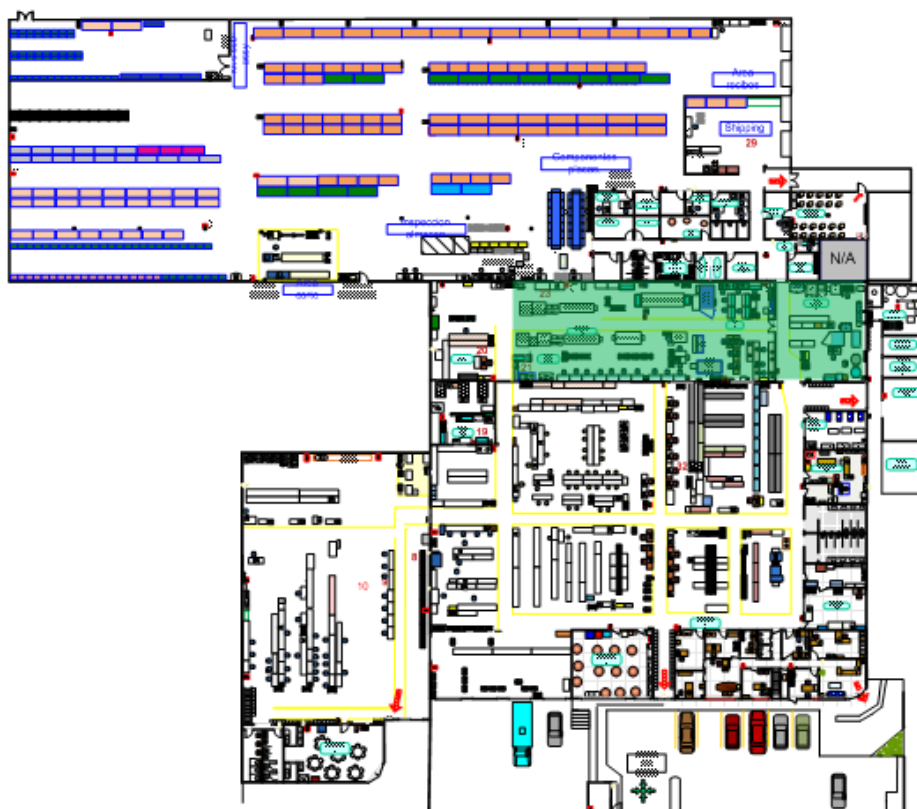


Figura 3. Distribución de planta. Fuente: Departamento de Ingeniería Industrial, Electro Ópticas Superior.

1.10 Organigrama

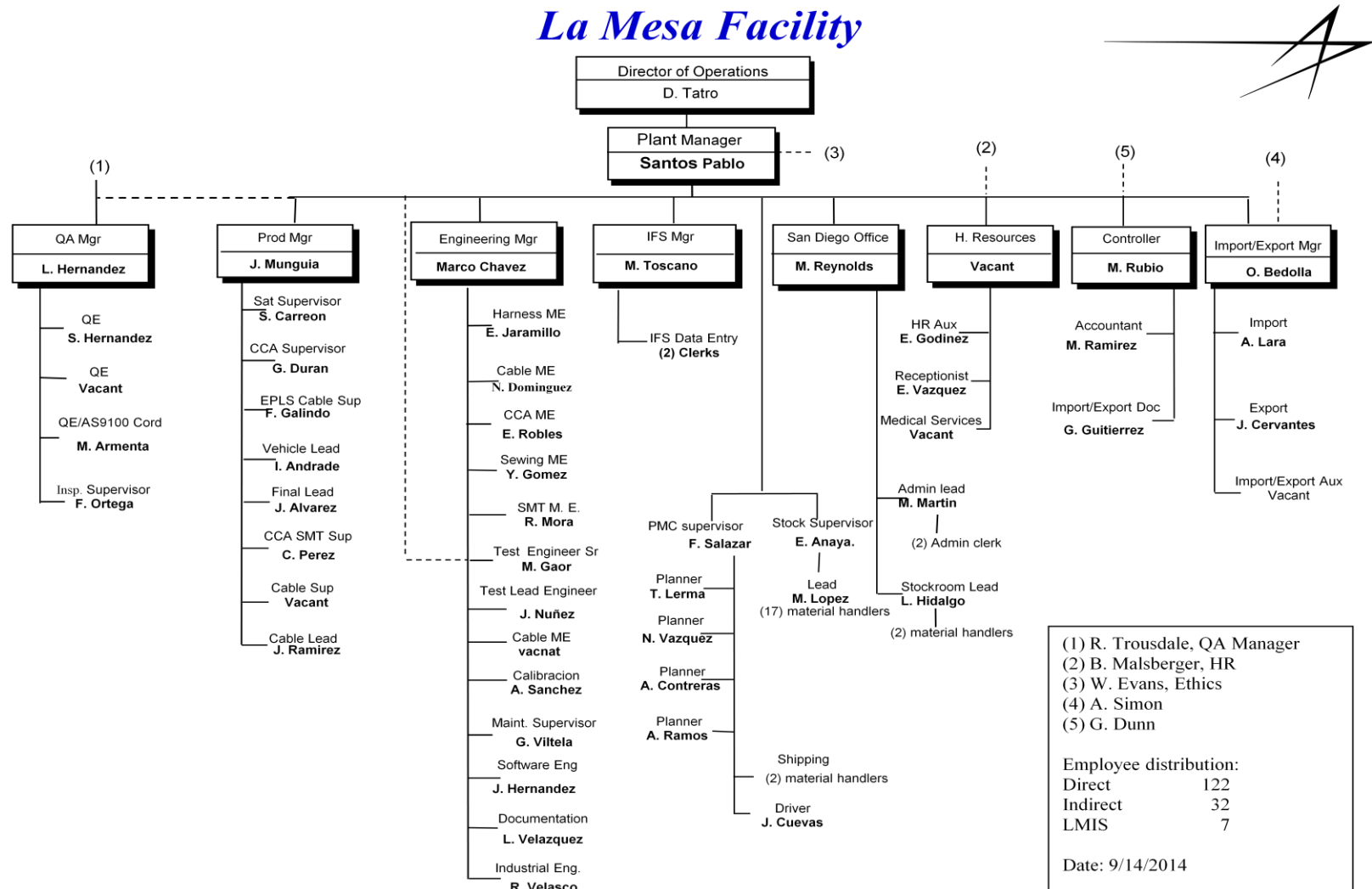


Figura 4. Organigrama de la empresa Electro Ópticas Superior S.A de C.V. Fuente: Recursos Humanos,.

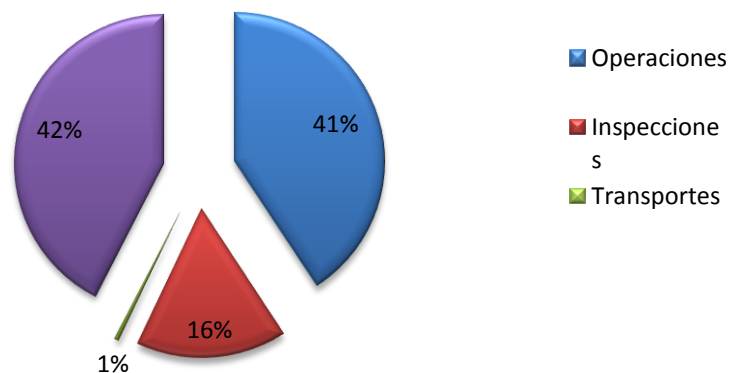
1.11 Descripción del proyecto

En la realización de este evento Kaizen se buscará reducir el tiempo de proceso en la validación de la primera plantilla en el departamento de placas, debido a que el proceso cuenta con un gran número de desperdicios, como podemos observar en la tabla 1 y gráfica 1.

Tabla 1. Resumen de proceso. Fuente: Elaborada a partir de los datos obtenidos del proceso de validación de la primera plantilla.

Resumen de proceso (ACTUAL)					
Operación	Cantidad	Tiempos (Min/Hrs)		Distancia FT	Costo dlls
Operaciones	20	425.55	7.09		\$ 226.68
Inspecciones	13	169.87	2.83		\$ 90.48
Transportes	16	5.26	0.08	1001.87	\$ 2.80
Demoras	21	443.13	7.38		\$ 236.04
Total	70	1043.81	17.39	1001.87	\$ 556.00

Distribución de Tiempos de Proceso Método Actual



Gráfica 1 Distribución de tiempos de proceso, Método Actual". Elaborada a partir de los datos obtenidos.

1.12 Objetivo del proyecto

- A. Reducir el tiempo muerto en un 70%.
- B. Minimizar las distancias recorridas en un 70%.
- C. Reorganizar la distribución del área.

1.13 Objetivo general.

Analizar la situación actual del departamento de placas en el proceso de validación de la primera plantilla, para proponer estrategias que ayuden a optimizar los tiempos de proceso, reducir los costos de operación, transportes, sobre producción, inspecciones innecesarias, mal manejo de material, entre otras.

1.14 Metas (aportaciones y alcances del proyecto)

- A. Implementar un sistema para llevar el control del producto en proceso, que permita mejorar el manejo de materiales y reducir los costos de proceso.
- B. Promover la cultura de mejora continua en toda la empresa.
- C. Establecer una distribución de área que nos reduzca las distancias recorridas en un 70%.
- D. Mantener en el área de producción solamente el material que este en proceso.
- E. Aumentar la eficiencia del departamento.
- F. Mejorar el tiempo de entrega del producto.

1.15 Justificación del proyecto

La implementación de la metodología Seis Sigma y herramientas de Manufactura Esbelta, ayudan a las compañías a competir en un mercado globalizado que continuamente exige estándares de calidad más altos, entregas más rápidas a bajo costo y en la cantidad que sea requerida por el cliente.

Seis Sigma es una manera inteligente de administrar un negocio, empresa o departamento, ya sea de producción o administración. Seis Sigma pone al cliente primero y usa hechos y datos que lo llevan a mejores soluciones.

Sus objetivos principales son:

- A. Mejorar la satisfacción del cliente.
- B. Reducir los tiempos de ciclo.
- C. Reducir defectos.

Mejorar en estas áreas usualmente representa ahorro en costos para la empresa, así como, oportunidades de retener clientes, abrir nuevos mercados y construir una reputación de alta calidad en productos y servicios.

Seis Sigma fue diseñada fundamentalmente para cambiar en que los corporativos hacen sus negocios, generando inmediatamente mejoras en el margen de ganancias.

Manufactura Esbelta es un grupo de conceptos y técnicas enfocadas a la eliminación continua de desperdicios en los procesos de manufactura y de soporte, sus objetivos son:

- A. Actividades que cambian la forma, diseño y proceso del producto.
- B. Actividades que el cliente está dispuesto a pagar.

C. Actividades hechas bien desde la primera vez.

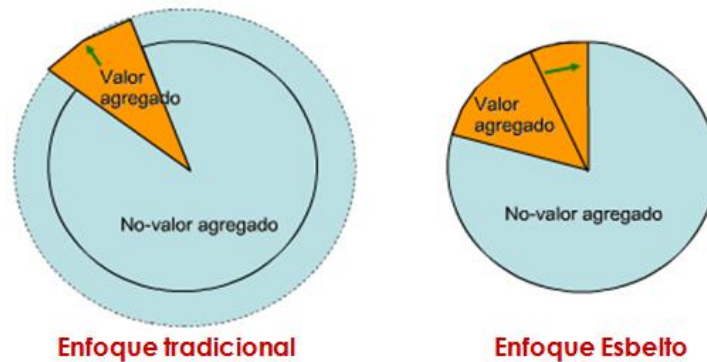


Figura 5. Enfoque tradicional y enfoque Esbelto. Fuente: Manual Green Belt IDET (2010).

En la figura 5, nos muestra que en los procesos tradicionales cuando se requiere incrementar el valor se invierte en personal, equipo, tecnología, de esta forma también se incrementan las actividades que no agregan valor. Con el enfoque de Manufactura Esbelta, se incrementa el valor, eliminando desperdicios de los recursos existentes generando mayor rentabilidad a bajo costo.

Electro Ópticas Superior S.A de C.V., la empresa objeto de este estudio, reconoce que debe buscar el balance adecuado entre eficiencia y optimización en el uso de sus recursos, procesos y procedimientos. Sin embargo, como muchas empresas que desconocen estos conceptos modernos administrativos desafortunadamente no cuentan en la actualidad con una cultura de mejora continua que le ayude a manejar, controlar y mejorar los flujos de sus procesos.

Keller, T. P. (2009). *Six Sigma Handbook, Third Edition*. McGraw Hill.
Womack, D. T. (2012). *Lean Thinking*. Gestión 2000.

1.16 Hipótesis y variables

La implementación de la mejora continua incrementará los ingresos a la empresa, así como también, mejorará los procesos de producción de la misma, cumpliendo con los tiempos de entrega del producto con la calidad y especificaciones requeridas.

Declaración de variables:

- A. Variable independiente: La demanda del producto.
 - a. La existencia de medidas destinadas a mantener un control u orden específico sobre la cantidad de ingresos y salidas de material.
- B. Variable dependiente: Costo de elaboración.
 - a. Reducción de los tiempos de proceso.
 - b. Incremento en los niveles de utilidades
 - c. Disminución de pérdidas de material.

CAPITULO 2.- FUNDAMENTO TEÓRICO

2.1 Seis Sigma

Origen

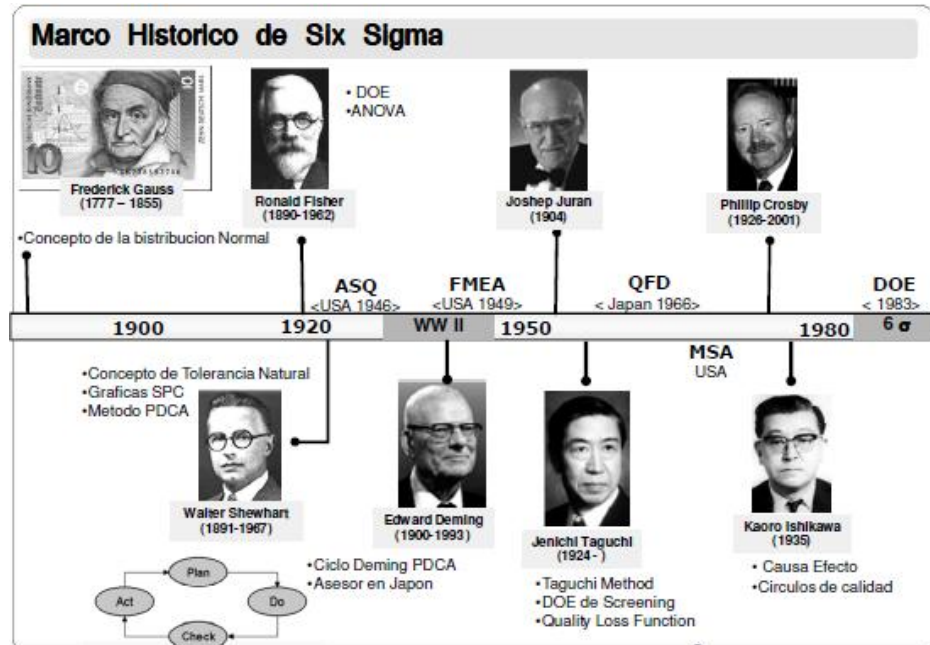


Figura 6. Marco histórico de Seis Sigma. Fuente: Diplomado de Six Sigma, Instituto Politécnico Nacional, campus Tijuana (2012).

Los principios de Seis Sigma fueron en 1979, la compañía Motorola, cuando el ejecutivo Art Sundry proclamo en una junta gerencial “El real problema de Motorola es que su calidad apesta”. El proclamo de Sundry provoco un cambio de era en Motorola y condujo al descubrimiento de la crucial correlación entre alta calidad y bajo costo de desarrollos en la elaboración de productos de todos los tipos.

En esos tiempos, la mayoría de las compañías Americanas creían que la calidad costaba dinero. Motorola vio que mejorando la calidad, mejoraban sus costos. Ellos creían que los productos de alta calidad debe de costar menos producirlos, no más. En ese entonces, Motorola estaba gastando de 5% a 10% de ingresos anuales, y en algunos casos hasta el 20 porciento de ingresos, debido a la corrección de la mala calidad.

Bill Smith, Ingeniero de Motorola, empezó a buscar maneras para reducir el desperdicio, estudio la correlación entre la vida del producto en campo y que tan frecuente eran las reparaciones de ese producto durante el proceso de fabricación. En 1985, Smith presento un documento que concluía que si el producto era encontrado defectuoso y corregido durante el proceso de producción, otros defectos que estuvieran ligados pudieran omitirse y ser encontrados más tarde por el cliente durante el uso del producto. De otra manera, cuando el producto es elaborado libre de error, raramente fallaría durante este sea utilizado por el cliente. Los esfuerzos para alcanzar la calidad no de-

pendía de detectar y corregir, si no de prevenir defectos a través de controlar la manufactura y el diseño de los productos. Datos que más tarde demostrarían el esfuerzo de detectar y corregir los defectos que llevarían a Motorola a sólo cuatro sigmas; colocándolos ligeramente delante del promedio de las compañías Americanas.

Como resultado Motorola comenzó su búsqueda para mejorar su sistema de calidad, y simultáneamente a reducir tiempos y costos de producción, enfocándose en el diseño y fabricación de los productos. Este fue el vínculo entre alta calidad y bajos costos, llevando al desarrollo del Six Sigma (Seis Sigma); una iniciativa que el enfoque principal es mejorar la calidad a través del uso apropiado de mediciones para anticipar problemas.

2.2 Metodología Seis Sigma

La metodología DMAIC toma un problema que ha sido identificado por la organización y utiliza las diferentes herramientas de una manera lógica para llevar a una solución sustentable. Los resultados de la soluciones minimizaran o eliminaran el problema, colocando a la organización en una posición competitiva. La estructura del DMAIC provee un marco útil para la creación de un “proceso cerrado” para el control del proyecto.

La herramienta es una estrategia de calidad que se basa en estadística, la recolección de datos de información es muy importante y la veracidad de los datos como “línea base” de mejora.

Cada paso de la metodología se enfoca en obtener los mejores posibles resultados para minimizar la posibilidad de error. El DMAIC se basa en cinco etapas: Definir, Medir, Analizar, Implementar y Controlar. La figura 7 Muestra el proceso DMAIC

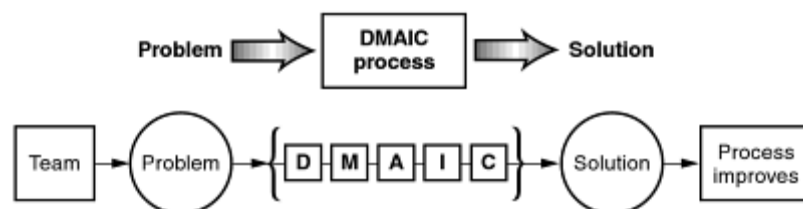


Figura 7. Proceso DMAIC.” Fuente: Process Improvement Using Six Sigma: A DMAIC Guide (2009)”.

2.2.1 Paso 1: Definición

Inicia con la identificación del problema que requiere una solución y termina con un claro entendimiento del alcance del problema. Se definen los requerimientos del cliente y a entender los procesos de producción más afectados. A estos requerimientos se le denomina CTQ's (*Critical to Quality*). Se determina el alcance del proyecto; las fronteras que delimitaran el inicio y final del proceso que se busca mejorar.

¿Cómo identificar un proyecto de mejora? Existen muchas maneras de identificar un proyecto de mejora:

- A. La gerencia asigna proyectos basados en criterios estratégicos.

- B. CAPA (*Corrective and Preventive Actions*), pueden indicar tendencias o áreas problemas.
- C. COQ (*cost of quality*), una de las herramientas usadas para identificar un candidato para un proyecto de resolución de problemas.
- D. COPQ (*Cost of poor quality*), pueden ser desplegados en los costos asociados con fallas internas como, reportes de material no conforme (*scrap*), re trabajo, reproceso, re-inspección, rediseño, tiempo caído; las fallas externas como, retornos, subsidios, retiros, demandas, reclamaciones de garantías, penalidades, etc.

¿Cómo elegir un proyecto? Una gráfica de Pareto puede desplegarlos cada uno de las categorías por causa de falla, tipo de producto o servicio, tipo de cliente, etc. Esta gráfica es usada para elegir proyectos porque:

- A. Ayuda a la organización a obtener una clara visión de donde puede hacerse la gran contribución.
- B. La sugerencia principal, pocas categorías de problemas representaran la mayor oportunidad de mejora (80%-20%)
- C. Prioriza problemas que se puede identificar el de mayor incidencia.

¿Cómo determinar el alcance de tu proyecto? Definir el alcance, ayuda a prevenir que el equipo se pierda o diluya su esfuerzo. El diagrama SIPOC (supplier(proveedor), input(entradas), process(proceso), output(resultados/salidas) and customer(cliente)); el diagrama SIPOC toma un alto nivel de visualización del proceso.

Un Mapa de flujo de valor (VSM) también puede ser utilizado en lugar de un diagrama SIPOC. El diagrama SIPOC y VSM pueden ser usados para identificar las áreas del proceso donde se origina el problema.

2.2.2 Paso 2: Medición

Inicia por reunir información acerca del proceso que ha sido identificado para mejorar. La información sobre el proceso, es usada para entender mejor que es lo que pasa exactamente, medir el desempeño actual del proceso en el “línea base” a las expectativas del cliente. Se necesita plantear la situación actual del proceso. Cuatro puntos que se necesitan para completar la fase de Medición:

- A. Entender las actividades del proceso para crear un mapa del proceso actual.
- B. Realizar un FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis, Análisis de modo y efecto de falla (AMEF)*).
- C. Determinar que tan bien el proceso cumple con las expectativas del cliente mediante el cálculo de capacidad del proceso.
- D. Evaluar el sistema de medición para asegurar que el reporte de datos es precisa y no tiene variación.

Los objetivos de la fase de Medición incluyen:

- A. Definir el proceso: Asegurar que el proceso específico bajo investigación está claramente definido.
- B. Definición de los métricos: Definir un medio confiable de medir el proceso, en relación a los resultados del proyecto.
- C. Establecer el “línea base” del proceso: Para cuantificar los resultados actuales de operación como medios de verificación de las necesidades de negocio definidas previamente, y para fundamentar adecuadamente resultados de mejora.

- D. Evaluar el sistema de medición: Para validar la confiabilidad de los datos para obtener conclusiones significativas.

Definición del proceso

Un proceso consiste en repetitivas tareas, llevadas a cabo en un orden específico. Si el proceso no está definido como una serie de repetitivas tareas, entonces, pudiera haber múltiples procesos en efecto, incluso, un número infinito de procesos, o simplemente falta de un buen proceso definido.

Los operadores pueden personalizar el proceso para hacer frente a situaciones observadas en la práctica. De esta manera los clientes pueden experimentar significantes variaciones dependiendo del turno o incluso de personal específico del procesamiento del producto. Algunas ocasiones esto resulta en mejoras al proceso o servicio o algunas veces no.

Algunas de las herramientas de uso común para definir el proceso son:

- A. Diagrama SIPOC
- B. Mapa de flujo de valor (VSM)
- C. Diagramas de flujo

Definición de los métricos

El “línea base” de los procesos provee una medición cuantificable del proceso realizada antes de cualquier mejora. Hay métricos que algunas veces son fáciles de definir con la experiencia que se tiene en el proceso. Por ejemplo, si los clientes están preocupados con el tiempo de entrega de un pedido, entonces eso puede ser un indicador adecuado. En pocas palabras, una medición, es simplemente una asignación numérica a una observación.

En realidad, la medición es problemática: el analista nunca puede saber con verdad el valor de un elemento que empieza a medir. Los números proporcionan información sobre una escala y representan mediciones de alguna variable no observable de interés. Algunas mediciones son más interesantes que otras, es decir, algunas mediciones proporcionan más información que otras. La información contenida de un número es dependiente de la escala de la medición utilizada. La escala determina el tipo del análisis estadístico que puede ser debidamente aplicado en el estudio de los números.

Estimación del “línea base” del proceso

El “línea base” del proceso se describe como “¿Cómo eran las cosas antes del proyecto?”. Hay algunas razones para obtener esta información:

- A. Para determinar si deberá llevarse a cabo el proyecto.
- B. La orientación del equipo del proyecto
- C. Para proporcionar la información que será utilizada para estimar los ahorros.

El “línea base” del proceso es fundamental para cualquier esfuerzo de mejora de proceso, dado que proporciona el punto de referencia para la confirmación de los beneficios obtenidos. En la ausencia de una adecuada estimación de referencia, no puede haber ninguna evidencia creíble de mejora sostenibles, excepto quizás en el más obvio de los casos.

En la etapa de la medición, las gráficas de control estadístico de procesos son utilizadas para definir el “línea base” del proceso. Si el proceso es estadísticamente estable,

es mostrado por las gráficas de SPC, entonces la capacidad del proceso y los niveles estimados del sigma pueden ser utilizados para cuantificar el desempeño del proceso. Si el proceso no es estadísticamente estable, deberá realizarse un análisis del proceso.

La estimación del proceso se basará en la validez del sistema de medición; el sistema de medición debe de ser evaluado antes de realizar alguna decisión que pueda ser equivocada. La verificación del sistema de medición se presenta después de la sección “línea base” por dos razones:

- A. Una técnica de análisis principal usada para validación del sistema de medición son las gráficas de control.
- B. Cuando los objetivos del proyecto incluyen mejorar los métricos del CTQ o CTS, la fase de medición proporciona la validación de las condiciones iniciales estimadas en la fase de la definición.

Las gráficas de control nos proporcionaran las estimaciones del proceso y variaciones. Algunas de las herramientas que se utilizan para la fase de la medición del proceso son:

- A. Control estadístico de proceso
- B. Teorema del límite central
- C. Causas comunes y especiales de variación.
- D. Análisis de capacidad de proceso.

Para la evaluación del Sistema de medición se deben de considerar lo siguiente:

- A. Tendencias
- B. Repetitividad
- C. Reproducibilidad
- D. Estabilidad
- E. Linealidad

2.2.3 Paso 3 Análisis

En esta etapa se lleva a cabo el análisis de la información recolectada para determinar las causas raíz de los defectos y oportunidades de mejora. Los objetivos principales de la fase de análisis son:

- A. Analizar la cadena de valor para identificar la manera de eliminar la brecha entre el desempeño actual y el desempeño deseado.
- B. Analizar las fuentes de variación que contribuyen a la brecha o que contribuirían en la realización del diseño.
- C. Determinar los controles, las pequeñas x's que se correlacionan con los requerimientos del cliente e influyen significativamente al proceso o diseño.
- D. Usar la técnica de Benchmarking para evaluar mejor en su clase a los productos o servicios similares.
- E. Las herramientas o técnicas a utilizar para analizar la información obtenida en la fase de la medición son:
- F. Análisis de la cadena de valor
 - a. Defectos
 - b. Sobreproducción
 - c. Inventarios
 - d. Proceso innecesario.
 - e. Movimientos innecesarios de las personas.

- f. Transporte incensario de la materia prima.
- g. Esperas
- h. Diseño de los bienes y servicios que no cumplan con las necesidades del cliente.
- G. Mapeo del flujo de valor
- H. Diagramas de espagueti
- I. Análisis de las fuentes de variación
- J. Diagramas causa y efecto
- K. Diagramas de cajas (*Boxplots*)
- L. Estadística básica
- M. Análisis de regresión y correlación
- N. Diseño de experimentos

2.2.4 Paso 4 Mejora

Se seleccionan las soluciones que ataquen el problema de raíz y lleve los resultados hacia las expectativas del cliente. El principal objetivo de esta fase es la implementación de un nuevo sistema. La primera consideración es dar prioridad a las diversas oportunidades, si existe más de una propuesta. Una vez determinado el enfoque, el nuevo proceso se define y se establecen ajustes óptimos. Este nuevo proceso debe ser evaluado para riesgos y potenciales modos de falla.

2.2.5 Paso 5 Control

Después de validar que las soluciones funcionan correctamente, es necesario implementar controles que aseguren que el proceso se mantendrá. Para ellos se debe de documentar el nuevo proceso y monitorear periódicamente que se está llevando a cabo según lo documentado. Los principales objetivos de la fase de control son:

- A. Validar estadísticamente que el nuevo proceso cumple con los objetivos y beneficios buscados a través del proyecto.
- B. Desarrollar e implementar un plan de control para monitorear que el nuevo proceso se cumpla.
- C. Establecer gráficos de control que utilizará el responsable del proceso para administrar el mismo.
- D. Crear un plan de reacción para solucionar cualquier situación que ocasione que el proceso se salga de control.
- E. Informar al personal involucrado en el proceso la importancia de seguir las indicaciones o instrucciones del nuevo proceso.

Shankar, R. (2009). *Process Improvement Using Six Sigma: A DMAIC Guide*. ASQ Quality Press.

Mikel Harry, P. D. (2006). *Six Sigma*. Currency Doubleday.

Peter Pande, L. H. (2001). *What Is Six Sigma?* McGraw Hill Professional.

2.3 Manufactura Esbelta (Lean Manufacturing)

Origen de Manufactura Esbelta

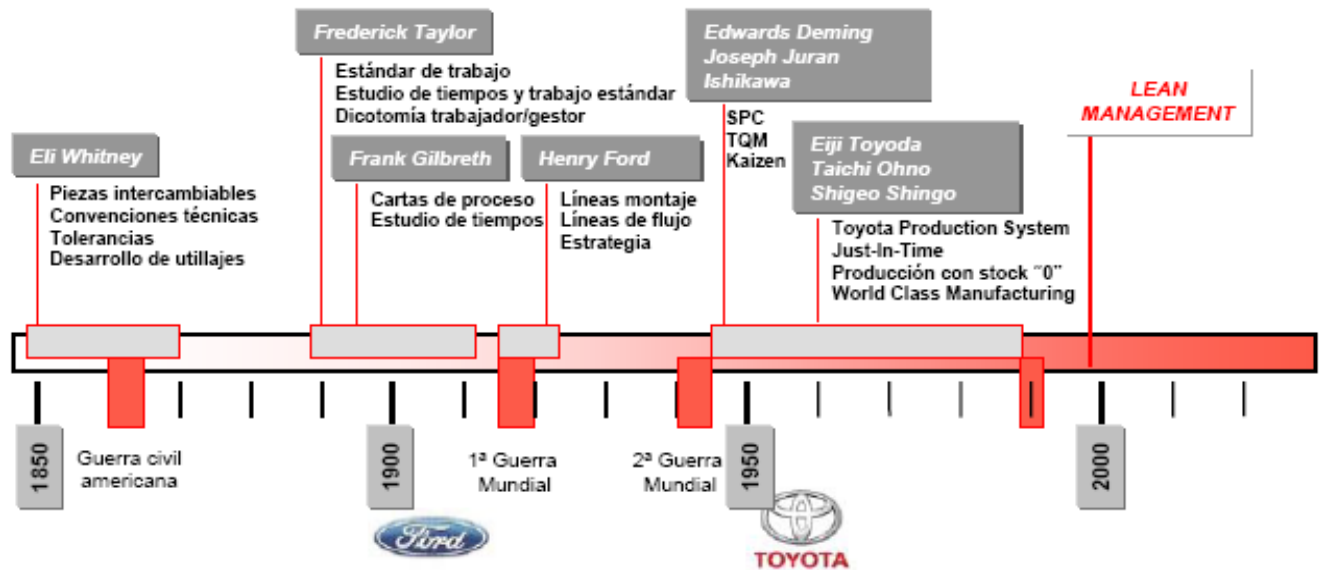


Figura 8. Marco histórico de Manufactura Esbelta. Fuente: Curso Green Belt, IDET Tijuana (2010).

La primera guerra industrial dio paso a la producción artesanal, a la producción en serie. Surgió en Inglaterra, a mediados del siglo XVII, en la industria textil mediante la introducción de innovaciones que mecanizaron los telares manuales.

La energía hidráulica, fueron utilizadas por las fabricas que se localizaban en las orillas de los ríos, utilizaban el agua para hacer girar una rueda principal, la cual, a través de un sistema de engranajes, ejes y poleas, transmitía la energía hidráulica a las máquinas, lo cual generaba que las máquinas trabajaran al mismo tiempo.

En 1776, James Watt comercializó el primer motor a vapor; invento el cual desplazo la energía hidráulica introduciendo la energía procedente del carbón. Por tal motivo las fábricas dejaron de ubicarse a las orillas del río.

En 1801, Eli Whitney desarrollo nuevos métodos de trabajo para producir mosquetes a partir de piezas intercambiables. Tal método se basaba en la fabricación de los componentes conforme a tolerancias, calibres y plantillas. Lo cual, dicho método, elimino los laboriosos ajustes manuales que hasta la fecha eran imprescindibles para ensamblar un arma. Hasta ese momento los escasos artesanos expertos en el montaje de armas serian sustituidos por trabajadores no cualificados que, con un mínimo entrenamiento, montarían armas en serie.

La producción en masa se dio durante la segunda revolución industrial donde tres personajes contribuyeron al desarrollo; W. Taylor, Henry Ford y Alfred P. Sloan.

Frederick Winslow, desarrollo su sistema de organización científica del trabajo en los siguientes principios:

- A. Separación de la planificación del trabajo y la ejecución del trabajo (unos piensan y otros trabajan)

- B. Creación de los departamentos de métodos y tiempos (los que piensan)
- C. Análisis del trabajo mediante su división en elementos.
- D. Medición de los elementos de trabajo mediante la utilización de cronómetro.
- E. Asignación al trabajador de tareas cortas, repetitivas y fáciles de aprender.
- F. Establecimiento de un sistema de primas en función de la cantidad producida.

Henry Ford fundó en 1903 la Ford Motor Company, y en 1908 desarrolló el Modelo T; el chasis del vehículo permanecía en su mismo sitio de principio a fin; a producirse en masa en una línea de montaje móvil. Los componentes se suministraban a cada puesto de montaje y el trabajador permanecía en su puesto repitiendo la misma tarea mientras los chasis de los vehículos se desplazaban frente a él. Tres avances hicieron posible la línea de montajes móviles:

1. Los nuevos métodos de fabricación de componentes intercambiables desarrollados por Eli Whitney.
2. El progreso de máquinas y herramientas, capaces de mecanizar piezas previamente endurecidas, que hizo que los ajustes manuales mediante lima, posteriormente el tratamiento térmico, fueran innecesarios.
3. La aplicación de los métodos de gestión científica del trabajo preconizados por Frederick W. Taylor.

Alfred P. Sloan, aportó innovaciones en los campos del marketing y de la gestión. Desarrolló una amplia gama de productos a partir de cinco modelos básicos; Chevrolet, Pontiac, Buick, Oldsmobile y Cadillac; con diferentes tamaños, carrocerías, motorizaciones, acabados y precios. Descentralizó la gestión mediante la creación de divisiones independientes, una para cada modelo, tratándolas como centros de beneficio, a la vez que mantenía un férreo control de los resultados desde las oficinas centrales. También descentralizó en divisiones independientes la producción de componentes, muchos de ellos comunes en los diferentes modelos de vehículos. En el año de su retirada coincidiría con el máximo esplendor de la producción en masa. A partir de ese momento comenzaría el declive de la producción en masa y surgiría un nuevo modelo.

En 1950, surgió en Japón, en otra empresa de automóviles, un nuevo modelo productivo que superaría al de la producción en masa: es el llamado TPS (Toyota Production System o Sistema de producción Toyota). Cuatro personajes destacaron en la implementación del TPS, Sakichi Toyoda, Kiichiro Toyoda, Eiji Toyoda y Taiichi Ohno.

Sakichi Toyoda, en 1910 emprendió un viaje por los centros textiles de Estados Unidos, durante el cual le llamó la atención el auge de los automóviles. A partir de su vuelta de América comenzó a madurar la idea de desarrollar la industria del automóvil en Japón.

En 1924 patentó un telar automático, el modelo G, con dos innovaciones; un mecanismo de detección a la rotura del hilo y parada automática del telar, y un sistema de cambio de lanzadera sin necesidad de parar la máquina. Los conceptos que subyacen en la automatización de dicho telar darían lugar al segundo pilar del Sistema de Producción de Toyota: Jidoka.

Kiichiro Toyoda, en 1929, emprendió un viaje a Estados Unidos y a Europa con dos objetivos: negociar la venta de la patente del telar Modelo G y estudiar la industria del automóvil. Al vender la patente por un millón de yenes, decidieron invertirlos en la investigación de la viabilidad de producir automóviles y competir con las plantas que Ford y GM habían abierto en Japón.

En 1935, Kiichiro Toyoda consiguió fabricar un prototipo de automóvil, el A1, y un prototipo de camión, el G1. En 1937, fundó la empresa de automoción Toyota Motor Company, Ltd. Un año más tarde comenzaría la producción de camiones.

Se atribuye a Kiichiro Toyoda la primera mención escrita del concepto just in time (el primer pilar del TPS). La idea consistía en eliminar el despilfarro y producir solo lo que se necesita, cuando se necesita y la cantidad que se necesita. Después de la segunda guerra mundial, en 1950, la restricción de los créditos y la caída de las ventas provocaron una crisis financiera en Toyota. Esto marcaría un nuevo comienzo.

Eiji Toyoda, después de encauzar la crisis económica de Toyota, visitó las plantas de montaje y de fabricación de componentes de Ford Motor Company en 1950, pudo observar los métodos de la producción en masa en su pleno apogeo. Concluyó que los medios y los métodos de la producción en masa no estaban disponibles y no eran aplicables para satisfacer las necesidades del mercado japonés.

Eiji promovió y apoyo la búsqueda de una alternativa a los métodos de la producción en masa basada en las ideas de Sakichi y Kiichiro: el Sistema de Producción de Toyota.

Taiichi Ohno con el apoyo de Eiji Toyoda, desarrolló y puso en práctica, paso a paso, un nuevo sistema de producción. En 1978, Taiichi publicó el libro *Toyota seisan hoshiki o Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*. Según Ohno, el objetivo del TPS es la mejora de la eficiencia de la producción mediante la eliminación constante del despilfarro.

El ingeniero John Krafcik, miembro del equipo de investigación del MIT (Massachusetts Institute of Technology) International Motor Vehicle Program (IMVP) que realizó un detallado estudio comparativo sobre las plantas de montaje de vehículos ubicadas en quince países, fue el primero en utilizar la expresión “*lean manufacturing*” para describir los nuevos métodos y técnicas de producción de las empresas automovilísticas japonesas, más eficientes que la producción en masa de las empresas americanas.

La expresión *lean manufacturing* quedó definitivamente acuñada en 1990 con el libro *The Machine that Change the World*.

Manufacturing, L. (2013). *Francisco Madariaga*. Bubok Publishing.

2.3.1 Conceptos básicos

La Manufactura Esbelta es una filosofía de gestión enfocada a la reducción de los desperdicios presentes en el proceso de productos manufacturados, a través de la mejora continua mediante el flujo del proceso permitiendo alcanzar resultados inmediatos en la productividad, competitividad y rentabilidad del negocio.

Objetivo

- A. Emplear el tiempo en actividades que realmente agreguen valor.
- B. Reducir costos, mejorar procesos y eliminar desperdicios.
- C. Reducir el inventario y el espacio en el área de producción.
- D. Crear sistemas de producción más sólidos.
- E. Crear sistemas de entrega de materiales apropiados.
- F. Mejorar la distribución de las áreas para aumentar la flexibilidad.
- G. Reducir los tiempos de producción y eliminar los tiempos de espera.
- H. Mejorar la calidad de los productos o servicios brindados.

Atributos de las empresas con producción esbelta:

- A. Usan técnicas de Justo a Tiempo (*Just in time*) para eliminar prácticamente todo el inventario.
- B. Crean sistemas que ayudan a los empleados a hacer las cosas bien a la primera vez.
- C. Reducen los requerimientos de espacio al minimizar las distancias.
- D. Enseñan a los proveedores a aceptar su responsabilidad de ayudar a satisfacer las necesidades de los clientes.
- E. Eliminan todas las actividades que no agregan valor.
- F. Desarrollan la fuerza de trabajo mejorando constantemente la capacitación, la participación y el compromiso de los empleados y el trabajo en equipo.
- G. Hacen que los trabajos sean más estimulantes llevando la responsabilidad al nivel más bajo posible.
- H. Los productos esbeltos centran su atención en la perfección: cero partes defectuosas, ningún inventario y solo actividades que agreguen valor.

Principios de Manufactura Esbelta

1. Valor: Cualquier cosa que cambia la forma, la talla, la función del producto y/o servicio que satisface las necesidades del cliente a un precio concreto, en un momento determinado.
2. Cadena de Valor: Es un modelo que permite describir el desarrollo de las actividades de una organización generando valor al cliente, nos sirve para identificar las áreas de oportunidad de mejora.
3. Flujo: Actividades o acciones para pasar un producto o servicio por las tareas de producción
 - a. Transformación física
 - b. Gestión de la información
 - c. Solución de problemas
4. Sistema de Jalar (*pull*): Es producir solamente lo que el cliente necesita, con el fin de reducir los inventarios y la sobre producción.
5. Mejoramiento continuo: Buscar la perfección.

2.3.2 Herramientas Lean

Herramientas Lean	Qué son?	Como te pueden ayudar
5S	Organizar el área de trabajo: ▪ Clasificar (eliminar lo que no se necesita) ▪ Ordenar (organizar la estación de trabajo) ▪ Limpieza (limpiar e inspeccionar el área de trabajo) ▪ Estandarizar (escribir estándares) ▪ Mantener (aplicación de los	Eliminar los desperdicios que resultan de una mala organización del área de trabajo (por ejemplo, perder el tiempo buscando herramientas).

	estándares)	
Andon	Un sistema de retroalimentación visual para el piso de producción que indica el estado del proceso, alertando cuando necesita ayuda, esto permite a los operadores detener el proceso.	Actúa como una herramienta de comunicación para el piso de producción que atrae la atención inmediata a los problemas que ocurren, para que puedan ser inmediatamente auxiliados.
Análisis de cuello de botella	Identifica que parte del proceso limita el rendimiento general y mejora el desempeño de la parte del proceso.	Mejora el rendimiento mediante el eslabón más débil en el proceso de manufactura
Flujo Continuo	Proceso de manufactura donde el proceso fluye suavemente a través de la producción con un mínimo (o no) amortiguadores en cada paso del proceso.	Elimina muchas formas de desperdicio (por ejemplo, inventario, tiempo de espera, y transporte)
Gemba (En el lugar de acción)	Una filosofía que nos dice que debemos salir de nuestras oficinas y pasar tiempo en el piso de producción, el lugar donde ocurre la acción real.	Promueve una comprensión profunda y exhaustiva de problemas de fabricación en el mundo real, mediante la observación de primera mano y hablando con los empleados de la planta.
Heijunka (Nivelación de cargas)	Una forma de programar la producción que fabrica a propósito lotes pequeños por secuencias variantes del mismo producto dentro del mismo proceso.	Reduce tiempos de entrega (ya que cada producto o variante se fabrica con más frecuencia) e inventarios (ya que los lotes son más pequeños)
Hoshin Kanri (Policy Deployment)	Alineado a las metas de la empresa (estrategias), con planes de la gerencia media (tácticas) y el trabajo realizado en el piso de producción (acción).	Se asegura que el progreso para los objetivos estratégicos esta consistente y a fondo, eliminando los desperdicios que vienen de la mala comunicación e inconsistente dirección.
Jidoka (Automatización)	Diseñar equipos para automatizar parcialmente el proceso de manufactura (automatización parcial es típicamente mucho	Después de Jidoka, los trabajadores podrán monitorear frecuentemente múltiples estaciones (reduciendo cos-

	menos costosa que la automatización completa) y para detener automáticamente cuando se detectan defectos.	tos) y muchos problemas de calidad podrán ser detectados inmediatamente (mejorando la calidad).
Just-In-Time (JIT) Justo-A-Tiempo (JAT)	Jalar partes a través de la producción sobre la base de la demanda del cliente en lugar de empujar a través de partes de producción basados en la demanda proyectada. Se basa en muchas herramientas, como, flujo continuo, Heijunka, Kanban, Estandarización del trabajo y Takt Time.	Alta efectividad en la reducción de niveles de inventarios. Mejora el flujo del dinero y reduce espacios requeridos.
Kaizen (Mejora Continua)	Una estrategia en la que los empleados trabajan juntos de manera proactiva para lograr regular, incrementar mejoras en los procesos de manufactura.	Combina el talento colectivo de una empresa para crear un motor para eliminar continuamente los residuos procedentes de los procesos de manufactura.
Kanban (Sistema Jalar)	Un método para regular el flujo de bienes, tanto dentro de la fábrica y con los proveedores y clientes externos. En base a la reposición automática a través de tarjetas de señales que indican cuando se necesitan más bienes.	Elimina los residuos de inventario y la producción. Se puede eliminar la necesidad de inventarios físicos.
KPI (Key Performance Indicator) (Indicadores principales de desempeño)	Métricos diseñados para seguir y alentar el proceso hacia los objetivos críticos de la organización. Fuertemente promovida KPI puede ser extremadamente poderosos motores del comportamiento, por lo que es importante seleccionar cuidadosamente los KPI que impulsaran el comportamiento deseado.	Los indicadores claves del desempeño de manufactura: ▪ Están alineados con los objetivos estratégicos de primer nivel (lo ayudan a alcanzar esas metas). ▪ Son eficientes en la exposición y cuantificar los desperdicios (OEE es un buen ejemplo) ▪ Fácilmente se ven influenciadas por los empleados de la empresa (para que

		puedan impulsar los resultados)
Muda (Desperdicio)	Cualquier cosa en el proceso de manufactura que no agrega valor desde la perspectiva del cliente.	Eliminar el desperdicio (muda) en el enfoque principal de Manufactura Esbelta)
Overall Equipment Effectiveness (OEE) (Eficiencia General del Equipo)	Marco para la medición de la pérdida de productividad durante un proceso de fabricación dado. Tres categorías de pérdida se realiza un seguimiento ▪ Disponibilidad (Ejemplo: Tiempo caído) ▪ Desempeño (Ejemplo: Ciclos lentos) ▪ Calidad (Ejemplo: Rechazos)	Proporciona un punto de referencia y un medio para seguir los progresos en la eliminación de los residuos de un proceso de fabricación. OEE 100% significa producción perfecta (fabrica únicamente partes buenas, lo más rápido posible, sin tiempo de inactividad)
PDCA (Plan, Do, Check, Act)(Planear, Hacer, Verificar, Actuar)	Una metodología para implementar mejoras: ▪ Planear (Establecer un plan y expectativas de los resultados) ▪ Hacer (Implementar lo planeado) ▪ Verificar (Verificar que los resultados sean logrados) ▪ Actuar (Revisar y evaluar, hacerlo nuevamente)	Se aplica un enfoque científico para hacer mejoras: ▪ Planear (Desarrollar una hipótesis) ▪ Hacer (Correr el experimento) ▪ Verificar (Evaluar resultados) ▪ Actuar (Refinar su experimento; intentarlo de nuevo)
Poka-Yoke (A prueba de error)	Diseñado para detectar y prevención de errores en el proceso de manufactura con el objetivo de lograr cero defectos.	Es difícil (y caro) para encontrar todos los defectos a través de la inspección, y corregir los defectos típicamente es mucho más caro en cada etapa de la producción.
Root Cause Analysis Causa Raíz	Una metodología de resolución de problemas que se centra en resolver el problema de raíz en lugar de aplicar soluciones rápidas que solo tratan los síntomas	Ayuda a asegurar que el problema es realmente eliminado mediante la aplicación de acciones correctivas para la causa raíz del pro-

	inmediatos del problema. Un enfoque común es preguntar los 5 porqués, cada vez que se mueve un paso más cerca de descubrir el verdadero problema de raíz.	blema.
Single Minute Exchange of Die (SMED)	Reduce los tiempos de set-up (cambios) a menos de 10 minutos. Las técnicas incluyen: ▪ Convierte pasos de set-up a ser externos (se realizan mientras el proceso está en marcha) ▪ Simplifica los Set-up internos (Ejemplo: sustituir los pernos con botones y palancas) ▪ Elimina las operaciones no esenciales. ▪ Crea instrucciones de trabajo estandarizados.	Permite la fabricación en lotes más pequeños, reduce el inventario y mejora la capacidad de respuesta al cliente.
Six Big Losses Seis Grandes pérdidas	Seis categorías de la pérdida de productividad que se experimentan casi universalmente en la industria manufacturera: ▪ Tiempos caídos ▪ Set-up/Ajustes ▪ Paradas pequeñas ▪ Reducción de velocidad ▪ Rechazos de inicio ▪ Rechazos de producción	Proporciona un marco para atacar las causas más comunes de los residuos en la industria manufacturera.
SMART Goals Metas SMART	Metas que sean: Specific (específicas), Measurable (medibles), Attainable (alcanzables), Relevant (relevantes), and Time-Specific (tiempos específicos).	Ayuda a asegurar que las metas sean efectivas.
Estandarización de trabajo	Procedimientos documentados para la fabricación de las mejo-	Elimina los desperdicios aplicando consistentemente

	res prácticas de captura (incluyendo el tiempo para completar cada tarea). Debe hacer documentación “viva” que es fácil de cambiar	las mejores prácticas. Forma una línea de base para las actividades de mejora para futuros.
Takt Time	El ritmo de producción (por ejemplo, la fabricación de una pieza cada 34 segundos) que alinea la producción con la demanda del cliente. Calculado como Tiempo planeado de producción/demanda del cliente	Proporciona un método sencillo, consistente e intuitivo de la estimulación de la producción. Se amplía fácilmente para proporcionar un objetivo de eficiencia para el piso de producción (piezas reales/meta).
Total Productive Maintenance (TPM) Mantenimiento Productivo Total	Un enfoque integral para el mantenimiento que se centra en el mantenimiento proactivo y preventivo para minimizar el tiempo de funcionamiento de los equipos. TPM borra la distinción entre el mantenimiento y la producción mediante la colocación de un fuerte énfasis en la capacitación de los operadores para ayudar a mantener sus equipos.	Crea una responsabilidad compartida para el equipo que anima a una mayor implicación de los trabajadores de planta. En el entorno adecuado que esto puede ser muy eficaz en la mejora de la productividad (aumentando el tiempo, lo que reduce los tiempos de ciclo, y la eliminación de defectos).
Value Stream Mapping Mapa de Flujo de Valor	Una herramienta que se utiliza para mapear visualmente el flujo de producción. Muestra el estado actual y futuro de los procesos de una manera que pone de relieve las oportunidades de mejora.	Expone los desperdicios en los procesos actuales y proporciona una hoja de ruta para la mejora a través del estado futuro.
Visual Factory Fabrica Visual	Indicadores visuales, pantallas y controles utilizados en el piso de producción para mejorar la comunicación de la información.	Hace que el estado y condición de los procesos de fabricación de fácil acceso y muy claras a todo el mundo.

CAPITULO 3. DESARROLLO DEL PROYECTO

En la realización de este proyecto se utilizó la metodología Seis Sigma y herramientas de Manufactura Esbelta para identificar y analizar cada etapa del proceso de validación de primera plantilla con el fin de detectar y eliminar las discrepancias del proceso.

3.1 Definición

El departamento de placas es una de las áreas más importantes debido a que suministra tarjetas de circuito a diferentes áreas de producción de la empresa, por lo cual, su proceso de producción debe de ser mayor que al de las otras áreas dado que cualquier demora puede ocasionar retrasos en la producción y por consiguiente, retrasos en los tiempos de entrega.

En el proceso de validación de primera plantilla del área de placas se han detectado discrepancias que afectan al flujo continuo del proceso de producción, viéndose reflejado en los tiempos de entrega y altos costos de mano de obra, esto debido a operaciones, inspecciones, transportes y demoras innecesarias que se presentan durante todo el proceso.

3.2 Medición

Durante esta etapa se recolectaron datos que nos ayudaran a identificar y analizar cada etapa del proceso, para ello, se elaboró un diagrama de flujo de proceso donde se muestra cada una de las operaciones, inspecciones, transportes y demoras.

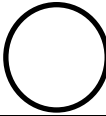
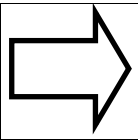
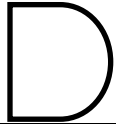
En el siguiente diagrama de flujo de proceso (diagrama 1) observamos cada una de las actividades que los operadores, inspectores y personal de soporte realiza para la validación de la primera plantilla.

DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO

Resumen de proceso

Fecha de realización: 08/06/2014
 Elaborado por: Ricardo Velasco
 Departamento: Placas
 Método: Actual
 Ensamble: 15720201G2
 Tamaño de Lote: 10 Piezas
 Tiempo estimado: 51 Horas

Operación	Cantidad	Tiempos (Min/Hrs)		Distancia FT	Costo
Operaciones	20	425.55	7.09		\$ 226.68
Inspecciones	13	169.87	2.83		\$ 90.48
Transportes	16	5.26	0.09	1001.87	\$ 2.80
Demoras	21	443.13	7.39		\$ 236.04
Total	70	1043.81	17.40	1001.87	\$ 556.00

Descripción de la operación	Valor agregado	Tiempo observado (min)					Distancia FT	Observaciones
*Inspección de kit para liberar a producción		93						La inspección del kit para liberar a producción se realiza por muestreo
Va a PC		0.21					11.78	
Imprime BOM		2.68						
Va por impresión		0.65					146.77	Impresora de producción
Regresa a estación de trabajo		0.78					146.77	
Revisa kit y realiza balance de material		209.46						

Kit incompleto, se revisa doc.		3.75						Se revisa si el “traveler” trae ISR generado por faltante de material
Se notifica a Planeador que falta material		5.01						Hizo falta material que no venia notificado en el ISR generado ISR:310275
Planeador busca material faltante		7.96						Planeador busca material faltante en el área de producción
Producción se detiene por material faltante		60.57						El planeador va a almacén a revisar el inventario del (los) componentes
Va a Tritón a lavar placas		0.23					33.3	
Abre empaques y verifica placas		3.83						Verifica que las placas estén bajo la última revisión
Lava una placa		7.35						NOTA: El tiempo total del lote fue 32.68 min
Va a estación de etiquetas		0.41					58.1	
Imprime etiquetas		0.91						Tiempo de impresión de lote completo (9.1 lote de 85)
Etiqueta Lote de 10 placas		6.1						NOTA: El tiempo total del lote fue 16.97 min (0.61min x pza)
Va a horno		0.15					41.25	
Introduce placas y enciende horno		0.38						
Horneado de placas								
Se regresa a estación de trabajo		0.1					53.1	

Imprime hojas de set up		2.35						Imprime para el lado inferior y superior
Va por impresión		0.73					146.77	Impresora de producción
Regresa a estación de trabajo		0.9					146.77	
Inicia set up lado inferior		131.66						
Se espera a calidad para que revise set up		1.96						
Calidad revisa set up		11.93						
Va por estencil		0.28					51.34	
Busca estencil		0.35						
Regresa a estación de trabajo		0.16					36.97	
Prepara máquina para empastado		10.08						
Empasta placa		0.45						
Se espera a calidad para que revise empastado		2.05						
Calidad revisa empastado		0.73						
Colocación de componentes		3.35						El lado inferior no lleva componentes manuales

Se espera a calidad para que revise inserción		3.7						
Calidad revisa inserción		1.3						
Se espera a Ing. Para realizar perfil		4.36						
Ing. prepara Mole		41.88						La verificación del horno de reflujo se realiza para asegurarse que esté funcionando adecuadamente
Ing. realiza horneado		7.46						
Ing. Limpia placa y revisa grafico		10.33						
Va a Tritón a lavar placas		0.15					17.36	
Lava placa		7.2						
Deja placa en AOI		0.11					18.44	
Se espera a calidad para que revise placa		0.7						
Calidad revisa placa en AOI		8.23						
Calidad revisa placa de reflujo		5						
Se entrega placa a producción		0.1					57.35	Se libera producción lado inferior
Se produce lote de 10 unidades		23.88						Cuando es producción de “alto” volumen, se realizan lotes de 10 unidades

Set up lado superior		202.64						
Se espera a calidad para revisar set up		0.96						
Calidad revisa set up		32.93						
Se prepara máquina para empastado		16.38						
Se empasta placa		0.51						
Se espera a calidad para revisión de empastado		7.18						
Calidad revisa empastado		1.4						
Colocación de componentes lado superior		5.33						
Verificación de colocación		2.75						Verificación por parte de producción
Inserción manual		4.68						
Espera calidad para revisión de colocación		1.61						
Calidad revisa colocación		0.48						
Se espera a Ing. Para realizar perfil		2.26						
Ing. prepara Mole		46.25						

Ing. realiza horneado		7.13						
Verificación de soldadura		1.08						
Va a Tritón		0.1					17.36	
Lava placa		7.76						
Deja placa en AOI		0.2					18.44	
Se espera a calidad para que revise AOI		6.23						
Calidad revisa AOI		7.76						NOTA: No todos los inspectores saben revisar la AOI. Rotación de inspectores
Calidad revisa reflujo		3.28						NOTA: se envió a calidad una placa con un defecto de patita levanta, el inspector no lo detecto
Totales		1043.81	20	13	16	21	1001.87	

Diagrama 1. Diagrama de flujo de proceso actual. Fuente: Elaborado a partir de la obtención de los datos.

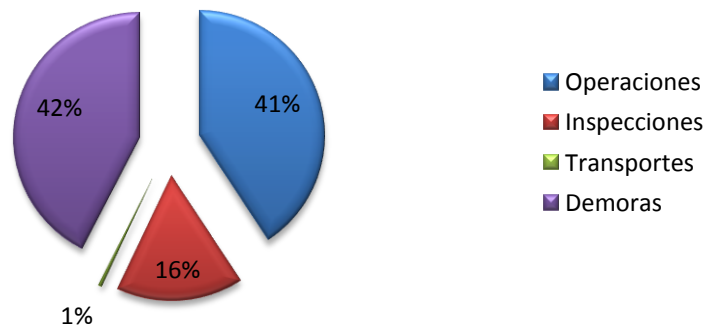
En base a los datos del diagrama 1, se realizó el siguiente diagrama de recorridos, (diagrama 2) donde observamos los recorridos que realiza el personal involucrado en la elaboración de la primera plantilla, y la gráfica 2 donde se muestran las distribuciones de tiempos de proceso actual.



Recorridos 1001.87 FT

Diagrama 2. Diagrama de recorridos. Fuente: Departamento de Ingeniería Industrial, Electro Ópticas Superior.

Distribución de Tiempos de Proceso Método Actual



Gráfica 2. Distribución de tiempos de Proceso. Fuente: Elaborada a partir de la obtención de los datos del proceso de validación de primera plantilla.

3.3 Análisis

Durante esta etapa se analizará el proceso para buscar eliminar o reducir las actividades que no agregan valor al producto y por consiguiente aumentan el tiempo de elaboración del mismo.

3.3.1 Documentación

El departamento de placas esta validado por personal calificado del corporativo y por lo tanto cuenta con sus procedimientos de operación e instrucciones de trabajo específicos, los cuales nos indican cada uno de los pasos a seguir para la elaboración de la primera plantilla y de toda la producción.

Revisando la documentación de área, procedimientos, hojas de operación y registros de estatus del producto (*travelers* o viajeras) nos percatamos que en un 80%, las actividades que se realizan en el área no coinciden, en su totalidad, con la documentación del proceso, un ejemplo de lo anterior está en la figura 9, nos muestra que el inicio del proceso de producción es la preparación de la placa, cuyas instrucciones es etiquetarla y hornearla durante dos horas, y en la práctica el primer paso es lavar las placas cuando se recibe el kit, esta actividad no está mencionada en el Procedimiento de producción (PROD008), ni en hojas de operación y tampoco en el *traveler* o viajera.

Hoja de Operación		Traveler o Viajera	
OP:	INSTRUCCIONES DE OPERACION	Op.	Description
10	Preparación de Kit -Preparar kit de acuerdo a lo indica en le BOM.	010	PREPARACION DE KIT/KIT PREP
20	Preparación de Placa 1 -Preparar un contenedor(caja negra,bolsa antiestática,etc) para el transporte interno de las unidades. -En una etiqueta marcar el número de parte 16331ASSY15703844, la revisión del plano,código de manufactura y pegarla al contenedor. -Colocar en una etiqueta TTL-111-403-10 el numero de parte, numero de serie, revision del plano y codigo de manufactura. 2 en la placa el en la posición que se muestra en la figura 1. Metodo Opcional: Estampar donde se indica en el dibujo: Al estampar utilizar tinta blanca LPM17202-9 con catalizador LPM17201 y caracteres de: 0.10" +/- 0.020" Hornear las placas durante 2 horas a 225°F	015	INSPECCION/INSPECTION
		020	PREPARACION DE PLACA/PWB PREPARATION
		030	APLICACION DE PASTA (LMFWI006)/SOLDER PASTE APPLICATION
		040	INSPECCION DE PASTA (LMFWI023)/INSPECTION
		050	SETUP DE MAQUINAS SMT (LMFWI007,LMFWI008)*/SETUP SMT MACHINE
		060	INSERCIÓN AUTOMÁTICA (LMFWI007,LMFWI008)/AUTOMATIC INSERTION
		070	INSERCIÓN MANUAL (SPC)/MANUAL INSERTION
		080	HORNEADO (LMFWI009)/DRY OVEN
		090	LAVADO EN TRITON (LMFWI018)/CLEANING
		100	VERIFICACION DE PUNTOS DE SOLDADURA (SPC)/SPC VERIFICATION

Figura 9. Comparación de Hojas de operación contra registros del estatus del producto. Fuente: Documentación del proceso de validación de la primera plantilla.

La operación de lavado se realiza para eliminar la suciedad de la placa, debido a que por su mal almacenaje quedan expuestas a polvo.

3.3.2 Proceso

Durante el proceso de validación de la primera plantilla, observamos en el diagrama 1 (pág. 35-40) que se realizan operaciones que no agregan valor al producto.

1. Verificación del kit en el área de producción: Esta operación se realiza como medida de contención debido a que se ha detenido la producción por material faltante que no fue surtido por almacén y no fue detectado por control de calidad al momento de inspeccionarlo; control de calidad solo inspecciona por muestreo.
2. Material faltante de WIP: Por cuestiones de control de material, se utiliza el mismo rollo de componentes (tape and reel) para diferentes ensambles, órdenes de trabajo y programas (solo aplica para componentes SMT)(figura 10), esto ocasiona, que cuando el material se termina de utilizar, se retorna a almacén, y durante el proceso de capturar en el sistema, el departamento de planeación libera otro Kit donde se utiliza este mismo componente y el BOM del material lo marca con localidad en piso de producción, por lo que, el almacenista lo considera en producción y no lo surte en la orden. Cuando el Kit llega a producción genera pérdidas de tiempo, ya que producción tiene que avisar a planeación y posteriormente planeación tiene que buscar en almacén y darle salida al material.



Figura 10. Rollo de componentes o tape and reel. Fuente: www.lubrizol.com

3. Inspecciones Innecesarias (ambos lados de la placa): En el proceso de validación de la primera plantilla, se realizan inspecciones después de terminar cada operación, como lo son:
 - a. Inspección de empastado: En esta inspección se verifica que la máquina de empastado haya aplicado la pasta correctamente sobre la placa. Hasta la fecha no hay registros de rechazos por mal empastado.
 - b. Inspección de set up: Al terminar de realizar el set-up que lleva la máquina de *Pick and Place*, el inspector verifica que los *Feeders* o alimentadores de la máquina estén colocados en la posición correcta.
 - c. Inspección de colocación manual y automática de componentes: En este punto, el inspector verifica polaridades visualmente de acuerdo a la hoja de operación.
 - d. Inspección en AOI: La máquina AOI verifica mediante comparación que los componentes de la placa estén de acuerdo al programa que anteriormente se realizó por el Ingeniero de Calidad, rechazando si encuentra alguna discrepancia.

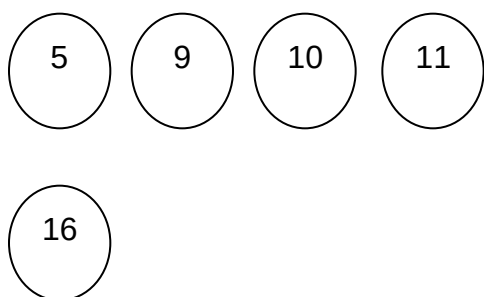
- e. Inspección de reflujo: Se verifica que la soldadura este de acuerdo a los criterios de aceptación y rechazo descritos en el IPC-A-610.
- 4. Transportes innecesarios: En el proceso tenemos algunos monumentos como lo son, toda la maquinaria que no se puede mover por cuestiones de presupuesto y espacio, no es posible tener un proceso totalmente lineal.
- 5. Creación de perfil en horno de reflujo: Debido a problemas con los calentadores del horno de reflujo, se tomo como medida preventiva, crear un perfil cada vez que se realice una primera corrida en el día, para verificar que los calentadores funcionen correctamente.

Una vez identificadas las discrepancias, se realizó una lluvia de ideas para buscar mejorar el flujo del proceso y posteriormente se calificaron de acuerdo a su nivel de complejidad y beneficio (gráfica 3).

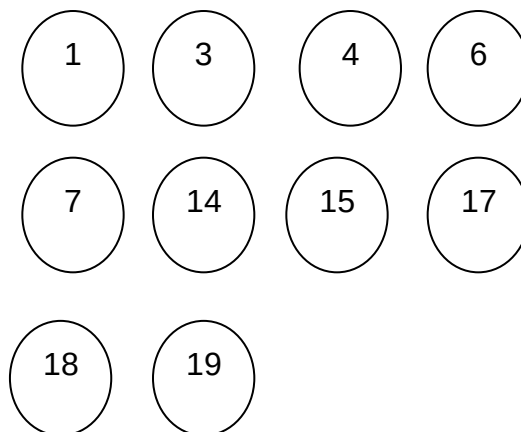
- 1. Crear programa para verificación de kit's en un 100%.
- 2. *Traveler* electrónico.
- 3. Programa para armar los *feeders* de la máquina Pick and Place.
- 4. Tener estencils dobles para correr en ambas líneas SMT.
- 5. Hacer estante de estencils más grande.
- 6. Realizar perfil en el horno de reflujo solamente en primeros artículos y en mantenimientos preventivos.
- 7. Calibración de AOI.
- 8. Colocar computadoras en inserción manual.
- 9. Instalar lámparas lupa en inserción manual.
- 10. Estandarizar secuencia de *travelers*.
- 11. Acercar área de ensamble.
- 12. Hacer plantillas para *tray feeder*
- 13. Mantener registros de dibujos técnicos de componentes para tener rápido acceso a ellos en caso de dudas.
- 14. Activar segunda línea SMT para producir lado inferior en línea 1 y lado superior en línea 2.
- 15. La liberación de la primera plantilla podrá ser realizada por el Ingeniero de Calidad o el Ingeniero de Manufactura o Supervisor de área.
- 16. Crear bitácoras electrónicas para registros de la liberación de la primera plantilla.
- 17. Estandarizar lotes de producción (5 piezas máximas por lote).
- 18. Entregar placas a producción con anticipación para lavarlas, hornearlas y etiquetarlas antes de liberar el kit.
- 19. Liberar kit de componentes separados por lado inferior y lado superior.

Pick Chart

Poco beneficio fácil de implementar

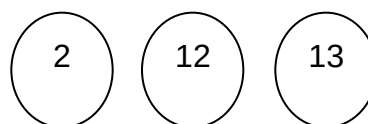


Mucho beneficio, implementar



Poco beneficio difícil de implementar

Representa un reto



Gráfica 3. Pick Chart, Clasificación de ideas. Fuente: Elaborada después de la lluvia de ideas.

3.4 Mejora

Durante esta etapa, se implementaran cada una de las acciones resultantes en la lluvia de ideas; posteriormente se tomaran datos para comparar el estado actual contra el estado propuesto y en base a ello, calcular el ahorro generado del evento Kaizen.

3.4.1 Actividades de alto beneficio que se deben de implementar

- A. Implementación de programa para verificación del kit en un 100% y armado de set-up de maquinas Pick and Place. Dicho modulo está dividido en dos partes *Inspección y Producción*.

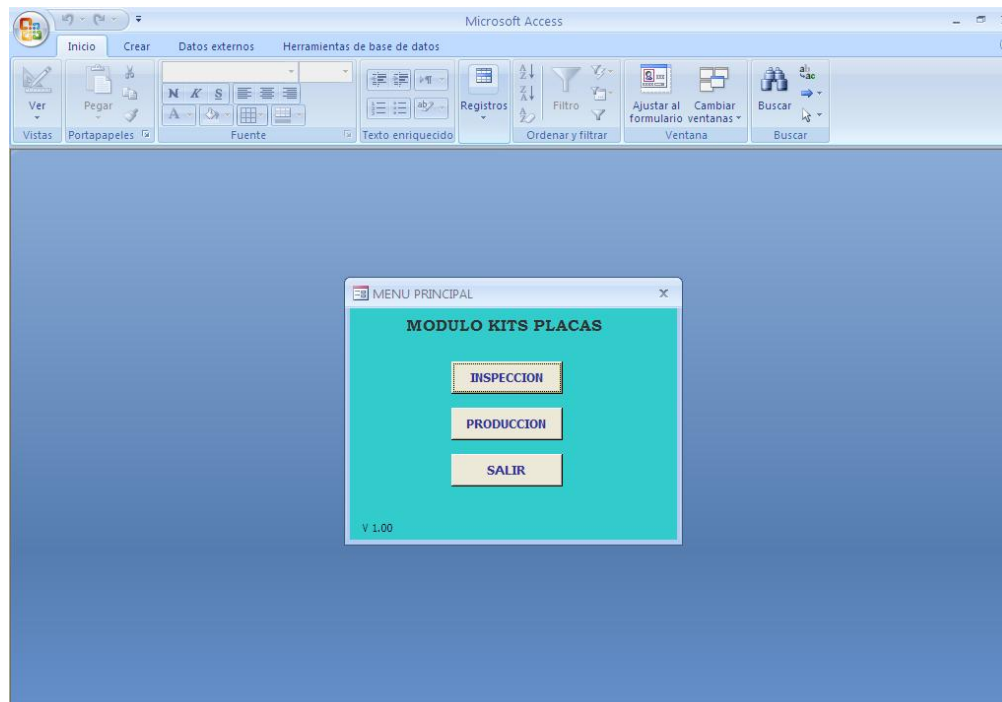


Figura 11. Pantalla de modulo de verificación. Fuente: Base de datos de placas.

Los pasos para el modulo de inspección son los siguientes;

- A. Al oprimir el botón de inspección, nos pedirá introducir el número de orden que se va a inspeccionar. Figura 12.

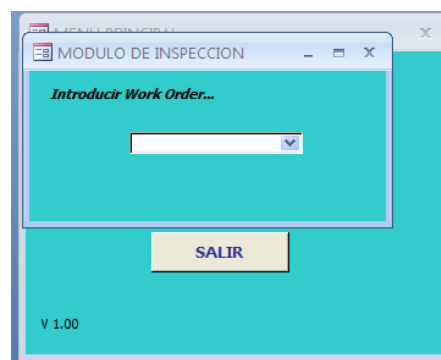


Figura 12. Introducir número de orden. Fuente: Base de datos de placas.

- B. Una vez dentro del modulo de verificación de kits, el inspector deberá escanear cada uno de los componentes surtidos y estos aparecerán en la tabla del programa. Figura 13.

[illegible]

Figura 13. Pantalla de captura de componentes. Fuente: Base de datos de placas.

Como podemos observar en la figura 13, esta pantalla nos arroja el número de orden, número de ensamble, programa, cantidad y revisión actual; en la tabla se escanearán los números de parte que fueron surtidos por almacén y automáticamente aparecerán los campos LADOPLACA, POSICIÓN y TIPO, esto para que el inspector separe el kit en los diferentes lados, lado inferior, lado superior y misceláneo.

- C. Una vez terminado de escanear y separar los números de parte, el inspector oprimirá el botón de procesar y el programa comparará los componentes escaneados contra los componentes de la lista de materiales (BOM), si el programa no encuentra diferencias entre el material surtido contra el listado de material (BOM), el inspector liberará el kit a producción, de lo contrario si el programa encuentra diferencias entre el material surtido contra el listado de materiales (BOM) desplegará una ventana donde nos indicará los componentes faltantes y el inspector deberá de revisar si el kit cuenta con un documento de rechazo (ISR) donde nos indique que el kit esta con material (es) corto(s) y así será liberado a producción, si el kit cuenta con dicho documento (ISR), el inspector liberará el kit a producción, de otra manera, el inspector deberá de rechazar el Kit y almacén deberá de surtir el material faltante y/o el planeador de producción decidirá si es material faltante y el Ingeniero de manufactura contestará en el ISR que el ensamble esta faltante de ese material. La figura 14 nos muestra la pantalla que arrojará el programa cuando haya faltantes de material. Para continuar, el ins-

pector deberá de seleccionar el material faltante después de haber realizado una investigación previa, si realmente es material faltante.

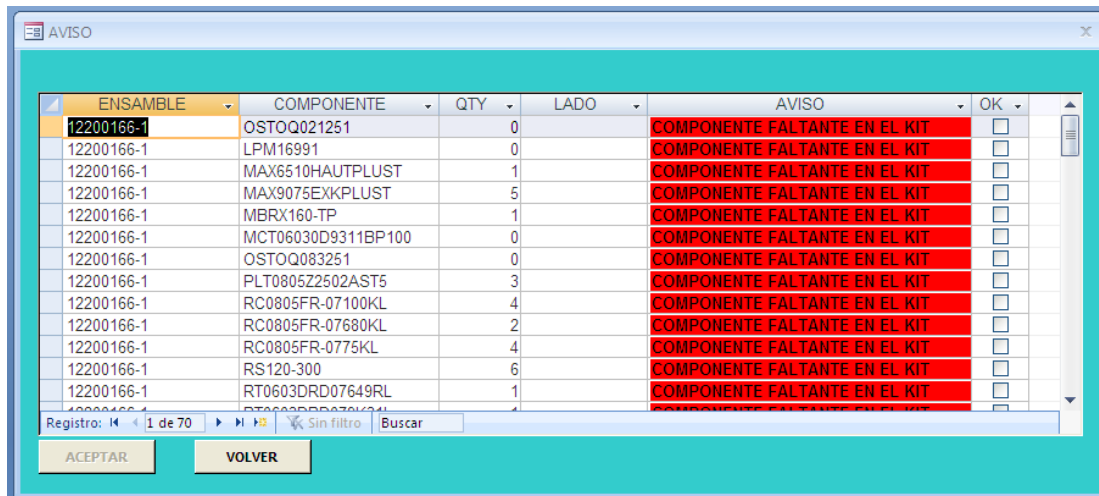


Figura 14. Pantalla de componentes faltantes. Fuente: Base de datos de placas.

Una vez que el kit se haya pasado a producción, se seguirán los siguientes pasos para el armado de set-up:

1. Para el armado de set up, el operador deberá oprimir el modulo de producción y posteriormente deberá de introducir el número de orden y el lado de set-up que desea armar, ya sea lado inferior (BOTTOM) o superior (TOP), como se muestra en la figura 15.

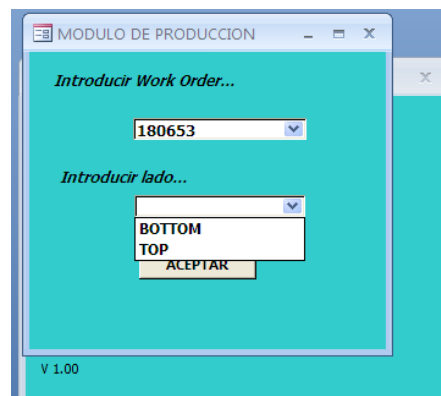


Figura 15. Pantalla para introducir numero de orden y lado de set-up. Fuente: Base de datos de placas.

2. El programa nos arrojará una pantalla donde el operador deberá de escanear cada rollo que le fue entregado en el kit y el programa le indicará la posición en la que ira colocado en el carro, el tipo de *feeder* que lleva y el lado que se está armando, algunos lados están indicados como TP/BOTTOM, eso quiere decir que va en ambos lados. Además de que el programa automáticamente nos indica el número de orden, ensamble, programa, revisión, cantidad a producir y lado que se está armando como podemos observar en la figura 16.

[illegible]

- Al terminar de armar el set-up, el operador oprimirá el botón de procesar y el programa revisará que se hayan instalado todos los componentes que se requieren para el lado que se está armando, si llegara hacer falta alguno, nos desplegará una pantalla como la que se muestra en la figura 17, indicando los componentes faltantes.

AVISO						
ENSAMBLE	COMPONENTE	QTY	LADO	AVISO		OK
12200166-1	OSTOQ021251	0		COMPONENTE FALTANTE EN EL KIT		☐
12200166-1	LPM16991	0		COMPONENTE FALTANTE EN EL KIT		☐
12200166-1	MAX6510HAUTPLUST	1		COMPONENTE FALTANTE EN EL KIT		☐
12200166-1	MAX9075EXKPLUST	5		COMPONENTE FALTANTE EN EL KIT		☐
12200166-1	MBRX160-TP	1		COMPONENTE FALTANTE EN EL KIT		☐
12200166-1	MCT06030D9311BP100	0		COMPONENTE FALTANTE EN EL KIT		☐
12200166-1	OSTOQ083251	0		COMPONENTE FALTANTE EN EL KIT		☐
12200166-1	PLT0805Z2502AST5	3		COMPONENTE FALTANTE EN EL KIT		☐
12200166-1	RC0805FR-07100KL	4		COMPONENTE FALTANTE EN EL KIT		☐
12200166-1	RC0805FR-07680KL	2		COMPONENTE FALTANTE EN EL KIT		☐
12200166-1	RC0805FR-0775KL	4		COMPONENTE FALTANTE EN EL KIT		☐
12200166-1	RS120-300	6		COMPONENTE FALTANTE EN EL KIT		☐
12200166-1	RT0603DRD07649RL	1		COMPONENTE FALTANTE EN EL KIT		☐
12200166-1	RT0603DRD07649RL	1		COMPONENTE FALTANTE EN EL KIT		☐

Registro: 1 de 70 Sin filtro Buscar

ACEPTAR VOLVER

4. Al terminar de realizar el armado de set-up y de procesar la información, el programa nos preguntara si deseamos continuar con el armado del lado faltante, al aceptar los componentes con marcado BOTTOM/TOP se pasarán automáticamente a la pantalla de armado del lado faltante ya sea inferior o superior. Figura 18 y figura 19.

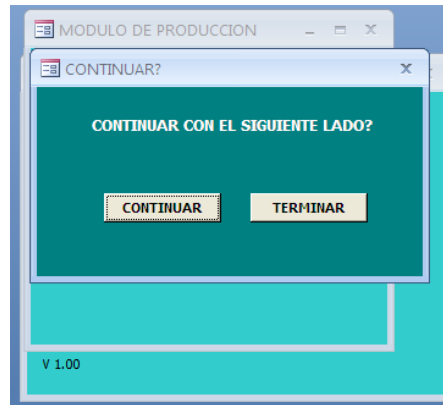


Figura 18. Pantalla para seleccionar continuar o terminar. Fuente: Base de datos de placas.

COMPONENTE	POSICION	TIPO	LADOPLACA
*			

Figura 19. Pantalla para seguir con el armado del lado faltante (inferior o superior). Fuente: Base de datos de placas.

- B. La siguiente acción a implementar es tener estencils doble para poder correr producción en ambas líneas SMT, es decir, lado inferior en una máquina y lado superior en la otra. Para esto se requiere de la coordinación del departamento de planeación e ingeniería de manufactura para revisar cuales son los próximos ensambles a realizar y en base a la fecha de liberación de kit y fecha de entrega del proveedor de los estencils, realizar la orden de compra para la fabricación del estencil.
- C. Creación de perfil solamente en primeros artículos y verificación en mantenimientos preventivos del horno de reflujo. Debido a que en una ocasión se tuvo problemas con los calentadores del horno, se tomo como medida de contención, realizar un perfil diario para verificar que los calentadores funcionen correctamente, pero dicha medida, se puede mejorar si se realiza el mantenimiento preventivo adecuado al horno de reflujo y durante este mantenimiento, realizar un perfil para comprobar que los calentadores del horno funcionen adecuadamente.
- D. El equipo de AOI no cuenta con mantenimiento preventivo y tampoco calibración, debido a esto no se puede utilizar un 100% de las capacidades de la

máquina. Para ello se contactará un especialista en calibración de máquinas AOI y se le pedirá que capacite el personal para el uso correcto de esta máquina.

- E. Se capacitará al Ingeniero de Manufactura y al Supervisor de Producción para el uso correcto de la máquina AOI con el objetivo de que sean capaces de validar la primera plantilla sin ningún problema.
- F. Se estandarizará los lotes que se entreguen a producción, debido a que en ocasiones, planeación entrega lotes con más de 20 unidades por *traveler* y eso ocasiona estancamiento de las piezas durante el proceso.
- G. Entregar placas con anticipación a producción para lavarlas y hornearlas antes de que el resto del kit sea liberado, esta actividad nos reducirá el riesgo de que el operador se quede esperando a que las placas terminen su proceso de horneado. Por dicha razón se entregaran las placas a producción con anticipación.
- H. En el punto A, se explicó el funcionamiento del programa para inspeccionar 100% los kits antes de liberarlos a producción, y se mencionó que el inspector separa los componentes por lado inferior y lado superior, esto con el fin de que al operador de producción no tenga que buscarlos y separarlos.

3.4.2 Actividades de poco beneficio y fáciles de implementar

- A. Hacer un estante para almacenamiento de estencils.
- B. Colocar lámparas lupa en el área de inserción manual.
- C. Estandarizar secuencia de operaciones en *traveler*.
- D. Modificar la distribución de planta y acercar el área de ensamble al área SMT y soldadura manual.
- E. Crear bitácoras electrónicas para registrar la validación de la primera plantilla.

3.4.3 Actividades que representan un reto su implementación.

- A. *Traveler* electrónico.
- B. Diseñar plantillas para *tray*.
- C. Crear enciclopedia con dibujos técnicos de cada número de parte.

3.5 Resultados obtenidos.

Durante esta última etapa de la metodología DMAIC se mostraran los resultados obtenidos en la implementación de cada una de las acciones resultantes del Evento Kaizen.

La tabla 2 nos muestra el proceso actual, en el que podemos observar que el tiempo de validación de la primera plantilla es de 17.397 horas con un costo de \$556 dólares diarios y 1001.87 pies recorridos, aun cuando las horas se manejen en actividades paralelas. Para producción, un tiempo de validación tan alto, representa grandes riesgos, tales como, no cumplir con las fechas de entrega del producto y/o no abastecer a líneas de ensamble que requieran placas como materia prima.

Tabla 2. Resumen de proceso actual. Fuente: Datos obtenidos del proceso de validación de la primera plantilla.

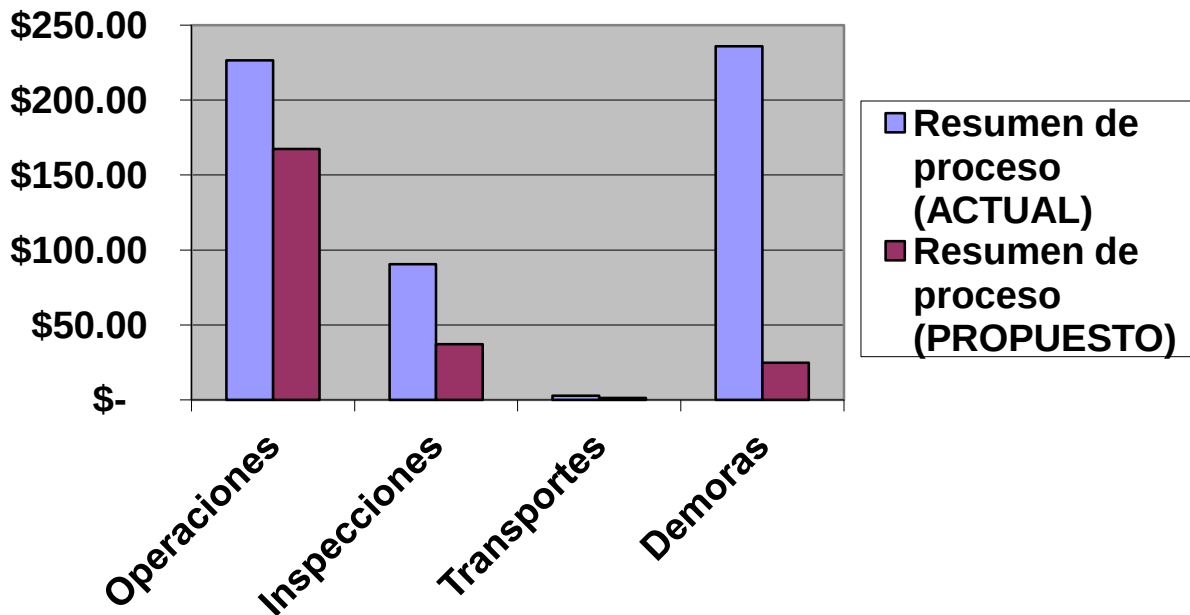
Resumen de proceso (ACTUAL)					
Operación	Cantidad	Tiempos (Min/Hrs)		Distancia (Ft)	Costo
Operaciones	20	425.55	7.093		\$ 226.68
Inspecciones	13	169.87	2.831		\$ 90.48
Transportes	16	5.26	0.088	1001.87	\$ 2.80
Demoras	21	443.13	7.386		\$ 236.04
Total	70	1043.81	17.397	1001.87	\$ 556.00

La tabla 3 nos muestra, que los resultados del evento Kaizen, donde observamos que el tiempo de validación de la primera plantilla se redujo a 7.21 horas (57.5%), es decir, una diferencia de 10.18 horas con respecto al proceso actual y de 1001.87 pies recorridos se minimizó a 442.57 pies, un 55% de mejora en las distancias recorridas.

Tabla 3. Resumen de proceso después del evento Kaizen. Fuente: Datos obtenidos del proceso de validación de la primera plantilla.

Resumen de proceso (PROPUESTO)					
Operación	Cantidad	Tiempos (Min/Hrs)		Distancia FT	Costo
Operaciones	16	314.44	5.24		\$ 167.49
Inspecciones	5	69.5	1.16		\$ 37.02
Transportes	14	2.37	0.04	442.57	\$ 1.26
Demoras	2	46.27	0.77		\$ 24.65
Total	37	432.58	7.21	442.57	\$ 230.42

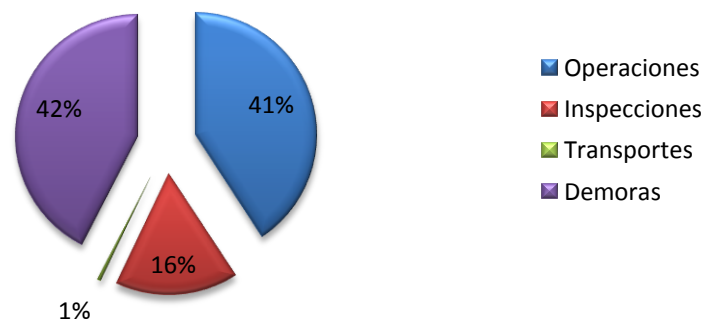
En la gráfica 4 podemos observar el costo de cada una de las actividades del proceso actual y como se disminuyeron después del evento Kaizen. De acuerdo al gráfico 4, donde sufrió más impacto las acciones surgidas en el evento, es en la disminución de las demoras, ya que se redujo un 90% del tiempo y por consiguiente, se disminuye el costo de operación.



Gráfica 4. Diferencia entre operaciones del proceso actual y después del evento Kai-zen. Fuente: Datos obtenidos del proceso.

La gráfica 5 observamos que el 41% de las actividades son las que contribuyen a la elaboración y validación de la primera plantilla, el 42% son las demoras que se presentan en el proceso y nos perjudican en el flujo, incrementando los tiempos de operación, el 16% del tiempo total lo contribuyen las inspecciones realizadas durante el proceso de validación, y por último tenemos que los transportes contribuyen con el 1% del tiempo total del proceso.

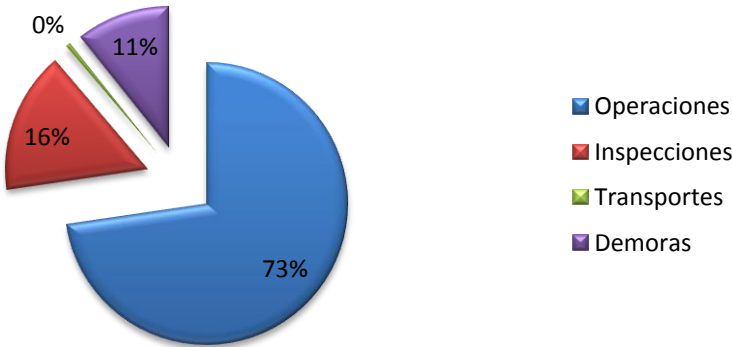
Distribución de Operaciones Método Actual



Gráfica 5. Distribución de operaciones método actual. Fuente: Datos obtenidos del proceso de validación de la primera plantilla

La gráfica 6 es un claro ejemplo de la aplicación de las herramientas de manufactura esbelta, ya que el 73% del tiempo invertido en el proceso de validación son actividades que agregan valor al producto y contribuyen con el flujo continuo del proceso. Las demoras se redujeron de 42% a 11%, las inspecciones se mantuvo, aun cuando su tiempo se redujo, su contribución en el tiempo total del proceso siguió siendo el 16%

**Distribución de Operaciones
Método Propuesto**



Gráfica 6. Distribución de operaciones después del evento Kaizen. Fuente: Datos obtenidos del proceso de validación de la primera plantilla

La tabla 4 nos muestra como estaba el proceso antes del evento Kaizen, los resultados obtenidos y los porcentajes en las que se mejoró el proceso, de igual manera podemos observar los ahorros en dólares de manera diaria, semanal, mensual y anual.

Tabla 4. Resumen del proyecto. Fuente: Datos obtenidos del proceso.

Categoría	Antes	Después	Mejora	
Operaciones	\$ 226.68	\$ 167.49	\$ 59.19	26%
Inspecciones	\$ 90.48	\$ 37.02	\$ 53.46	59%
Transportes	\$ 2.80	\$ 1.26	\$ 1.54	55%
Demoras	\$ 236.04	\$ 24.65	\$ 211.39	90%
Ahorro Diario			\$ 327.88	
Semanal			\$ 1,639.39	
Mensual			\$ 6,885.43	
Anual			\$ 83,608.77	

En el diagrama 3, se muestra la distribución del área que nos ayudó a reducir el 55% de los transportes, lo que nos agilizó el proceso.

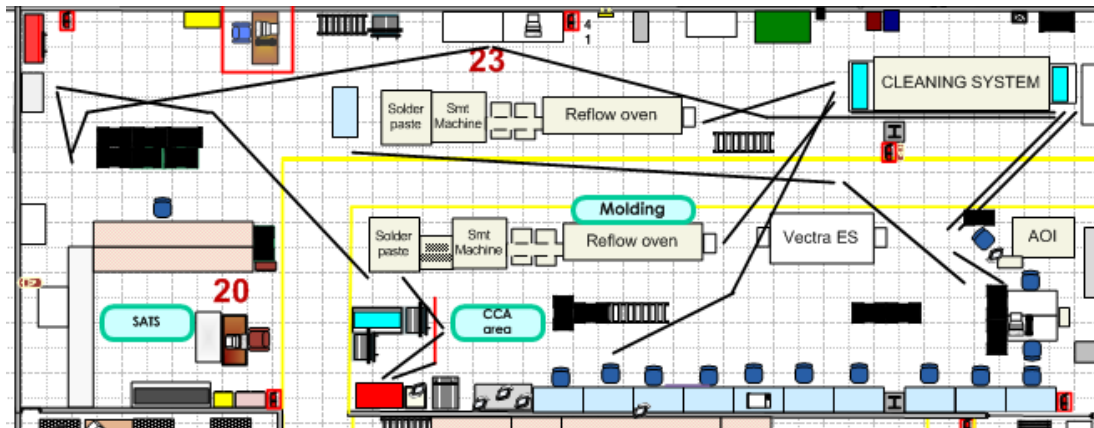


Diagrama 3. Distribución de área propuesta. Fuente: Departamento de Ingeniería Industrial, Electro Ópticas Superior.

CAPITULO 4.- CONCLUSIONES

Con la realización de este evento Kaizen, se puso en práctica la planeación, organización, trabajo y toma de decisiones en equipo, desarrollando habilidades de liderazgo además de aplicar los conocimientos adquiridos durante mi formación profesional y curso para certificación Green Belt, este último impartido en la empresa Electro Ópticas Superior S.A de C.V.

Al termino de este Kaizen se alcanzaron los objetivos planteados al inicio del evento como son, reducción de tiempos en un 57.5% y la re-organización del área con el fin de minimizar las distancias recorridas mejorando en un 55%, mediante la aportación de ideas del grupo de trabajo y la toma de tiempos para realizar el diagrama de flujo de proceso, donde se desglosaron las operaciones de validación de la primera plantilla, con las cuales se detectaron las actividades que no agregan valor al producto como son inspección de aplicación de soldadura en pasta, revisión de armado de los alimentadores de la máquina SMT, verificación de la posición de componentes sobre la placa y se mejoró el 69% del tiempo de la liberación de las órdenes de almacén a producción. Una vez identificadas las operaciones innecesarias se eliminaron del proceso actual. Con esto se logró la mejora del proceso distribuyendo las operaciones de manera que cumplan con las metas planteadas al inicio del proyecto, analizando los nuevos tiempos de fabricación y comparándolos con los anteriores para comprobar la reducción del tiempo de proceso lo que generó ahorros en el costo de operación de \$83,608.77 dólares anuales, tomando en cuenta que la empresa Electro Ópticas Superior cotiza la hora en \$31.96 dólares.

La aplicación de Manufactura Esbelta nos dejó en claro que es una filosofía transformacional en las operaciones de la empresa, no es solo mejora continua, ni un proyecto, es una cultura para las empresas que la adoptan, donde se establece la clave del éxito en los negocios.

Un factor común en la excelencia operativa, es la correcta aplicación de la filosofía Esbelta, ya que con ella se obtienen, bajos costos de producción, calidad de clase mundial, ciclos de proceso cortos y el mejor y tiempos de entrega a tiempo, y por consiguiente clientes más satisfechos y el reconocimiento en el mercado competitivo.

En la actualidad, las empresas deben adaptarse al cambio del mercado, de no ser así, estaría fuera de competencia en poco tiempo.

Áreas de mejora:

- A. Realizar diseño de experimentos en la máquina de Ola para determinar los parámetros óptimos que se requieren para mejorar la calidad de las placas soldadas y reducir por lo menos el 80% de retoque.
- B. Realizar estudio de repetitividad y reproducibilidad en el horno de reflujo para analizar la variación de las temperaturas y determinar la necesidad de crear perfiles en base diaria.
- C. Automatizar el sistema de retorno de material producción-almacén.

- D. Maximizar el uso de las funciones de la maquina AOI (*Automated Optical Inspection o Inspección Óptica Automatizada*) para reducir las fallas en prueba eléctrica en un 90%.
- E. Realizar un análisis costo-beneficio para disponer de una nave industrial con mayor espacio y trasladar el área de placas con el fin de adquirir más equipo y aumentar la cantidad de líneas de producción.
- F. Aplicar las técnicas de SPC (Statistical Process Control o Control Estadístico de Procesos) para determinar detectar y atacar la causa raíz de los problemas.

BIBLIOGRAFIA

What is Six Sigma

Autor: Pete Pandee and Larry Holpp

Editorial: McGraw Hill Profesional, Nov. 16, 2001.

Six Sigma

Autor: Mikel Harry, Ph D, and Richard Schroeder.

Editorial: Currency Doubleday

Lean Thinking

Autor: Daniel T. Jones & James P. Womack.

Editorial: Gestation 2000.

Process Improvement Using Six Sigma: A DMAIC Guida.

Autor: Rama Shakar

Editorial: ASQ Quality Press, 2009

Six Sigma Handbook, Third Edition.

Autor: Thomas Pyzdek and Paul Keller

Editorial: McGraw Hill.

Lean Manufacturing

Autor: Francisco Madariaga.

Editorial: Bubok, Mar. 13, 2013.

Manual curso Green Belt

IDET.

Manual curso Green Belt

Lockheed Martin

Diplomado Six Sigma

Instituto Politécnico Nacional.