

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE INGENIERÍA

MAESTRÍA EN INGENIERÍA EN PROCESOS INDUSTRIALES



**“ESQUEMA METODOLÓGICO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE
CAMBIOS EN INGENIERÍA MINIMIZANDO EL DESPERDICIO DE
MATERIALES EN EMPRESAS DE MANUFACTURA”**

TESIS

Que para obtener el grado de MAESTRO EN INGENIERÍA presenta:

DIANA ALICIA JACOBO GOMEZ

DIRECTORA DE TESIS:

DRA. MARGARITA GIL SAMANIEGO RAMOS

Agradecimientos

- ❖ A la Doctora Margarita Gil Samaniego Ramos, por toda su ayuda durante este proceso, agradezco infinitamente su paciencia y colaboración invaluable.
- ❖ Al Maestro Humberto Bastidas y la Maestra Karla Velazquez, porque sin ellos no hubiera sabido por dónde empezar, y por ayudarme a encontrar el camino adecuado para llegar a mi meta.
- ❖ A mi jefe, Gary, por su interés en mi superación personal y profesional, por todos los permisos concedidos y por escucharme y brindar las palabras adecuadas cuando he necesitado guía. – *To my boss, Gary, for your interest in my personal and professional growth, for all permits granted and for listening and providing the right words when I needed guidance.* -
- ❖ A mis padres, por apoyarme en cada paso que doy y nunca dejar de creer en mí, la persona que ellos formaron. Mi mamá por ser un ejemplo a seguir de superación personal y mi papá por las palabras de aliento.
- ❖ A mi hijo, por todo ese tiempo que no he podido dedicarle, espero que todo rinda frutos muy pronto.
- ❖ A mi Esposo, mi compañero de vida y colega, quien no ha dejado de estar conmigo en este tiempo de dedicación y cansancio. Por todo lo que me apoyó cuando las palabras no fluían. Gracias por ayudarme a cerrar este ciclo.

ÍNDICE GENERAL.

<u>Descripción</u>	<u>Página</u>
Índice General.....	iii
Índice de Figuras.....	v
Índice de Tablas.....	vi
Abreviaciones.....	vii
Resumen.....	viii
Abstract.....	ix
Capítulo 1. Introducción.....	1
1.1 Justificación.....	4
1.2 Hipótesis.....	5
1.3 Objetivos.....	5
Capítulo 2. Estado del Arte.....	6
Capítulo 3. Marco Teórico.....	10
3.1 Revolución Industrial.....	11
3.2 Inicio de la Manufactura en línea.....	11
3.3 Nacimiento de la Manufactura Esbelta.....	13
3.3.1 Desarrollo del Sistema de Producción Toyota.....	14
3.3.2 Concepto de Manufactura Esbelta.....	16
3.3.3 Herramientas de la Manufactura Esbelta.....	18
3.4 Introducción a Seis Sigma.....	24
3.4.1 Concepto de sigma.....	24
3.4.2 Capacidad sigma.....	24
3.4.3 Definición de Seis Sigma.....	26
3.4.4 Nivel sigma.....	27
3.4.5 Seis Sigma como estándar.....	29
3.4.6 Historia de Seis Sigma.....	30
3.4.7 Uso de Seis Sigma como Metodología.....	31
3.4.8 Aplicación de Seis Sigma.....	33
3.4.9 Esquema Metodológico para Implementar Seis Sigma.....	34
3.4.9.1 Herramientas de Apoyo.....	36
3.5 Lean Seis Sigma.....	36
3.5.1 Diferencias entre Seis Sigma y Lean Seis Sigma.....	38
3.6 Aplicación de Lean Seis Sigma utilizando la Metodología DMAIC.....	39
3.6.1 Guía para uso de DMAIC.....	43
3.6.2 Herramientas Comunes.....	45
3.6.2.1 Diagrama IPO.....	45

3.6.2.2 PF-CE-CNX-SOP.....	46
3.6.2.3 Análisis del Sistema de Medición (MSA).....	47
Capítulo 4. Desarrollo del caso de estudio.....	49
4.1 Descripción del proceso.....	49
4.2 Metodología.....	49
4.3 Fronteras del proyecto.....	49
4.4. Justificación de trabajar en el problema identificado.....	50
4.4.1 Comprendiendo el IOS.....	50
4.5 Descripción del sistema original.....	50
4.6 Desarrollo del proyecto de mejora utilizando DMAIC.....	54
4.6.1 Fase de Definición.....	55
4.6.2 Fase de Medición.....	65
4.6.3 Fase de Análisis.....	77
4.6.4 Fase de Mejora.....	84
4.6.5 Fase de Control.....	92
Capítulo 5: Conclusiones y Recomendaciones.....	97
5.1 Conclusión.....	97
5.2 Comprobación de la hipótesis.....	100
5.3 Recomendaciones.....	100
Referencias.....	102
Glosario.....	105
Anexos.....	106

ÍNDICE DE FIGURAS

<u>Figura</u>	<u>Página</u>
3.1 Secuencia del sistema de jalón.....	21
3.2 Campana de Gauss de nivel sigma.....	25
3.3 Defectos por millón de oportunidades (DPMO).....	26
3.4 Representación gráfica del nivel 3σ y 6σ	27
3.5 Ejemplo gráfico de comportamiento de índice Cpk.....	28
3.6 Fórmula y representación gráfica de Cp.....	28
3.7 Ejemplo de actividades de un proyecto DMAIC.....	35
3.8 Ejemplo de componentes de un IPO.....	46
3.9 Comparación de Precisión y Exactitud en un MSA.....	48
4.1 Diagrama de Pareto de las causas de IOS en el primer semestre del año fiscal 2011.....	53
4.2 Diagrama de selección de proyectos DMAIC.....	56
4.3 Contrato del proyecto Lean Seis Sigma.....	58
4.4 Formato para la selección de miembros de equipo en proyectos Lean Seis Sigma.....	60
4.5 Diagrama IPO realizado en la etapa de Definición.....	62
4.6 Extracto del reporte de IOS de la empresa.....	64
4.7 Diagrama general del proceso actual de ECN's.....	67
4.8 Tabla de resultados del estudio MSA por cada evaluador.....	70
4.9 Resultados del estudio MSA arrojados por el software SPC XL.....	72
4.10 Diagrama de selección de una gráfica de control.....	74
4.11 Métrica Principal – Datos Históricos.....	76
4.12 Datos graficados con el uso de la Gráfica c.....	76
4.13 Tabla de variables de Formato CNX.....	81
4.14 Diagrama de Causa-Efecto.....	82
4.15 Métrica hasta el término de la fase de Análisis.....	83
4.16 Métrica desarrollada en Gráfica de control c.....	83
4.17 Diagrama de flujo del estado futuro.....	86
4.18 Datos de Software SPC XL para resultado de la Prueba de Hipótesis para dos proporciones.....	95
4.19 Métrica principal al término de la fase de Control.....	96
5.1 Resultado de la cuenta de IOS de enero a mayo 2012 como parte de la métrica consecucional.....	98
5.2 Métrica principal del proyecto mostrando el nuevo número base de referencia.....	99
5.3 Formato CNX resultante de la lluvia de ideas del diagrama de Causa- Efecto.....	101

ÍNDICE DE TABLAS

<u>Tabla</u>	<u>Página</u>
3.1 Diferencia entre los sistemas Ford y Toyota en 1950.....	15
3.2 Pasos y herramientas utilizadas en DMAIC.....	44
4.1 Descripción de los tipos de disposición de materiales.....	52
4.2 Datos para realizar el estudio MSA.....	69
4.3 Directrices de evaluación de la capacidad de inspección.....	72
4.4 Categorías de selección de materiales para reporte de IOS.....	79
4.5 Confirmación de tipos de cambios entre compras y planeación.....	85
4.6 Tabla de mejoras y de SOP's.....	88

Siglas y Acrónimos de Uso Común

BOM. Listado de Materiales

DMAIC. Definir, Medir Analizar, Mejorar, Controlar (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*)

ECN. Noticia de Cambio de Ingeniería (*Engineering Change Notice*)

IPO. Entrada, Proceso, Salida (*Input-Process-Output*)

IOS. Inventario Inactivo, Obsoleto y Excedente (*Inactive and Obsolete Surplus*)

ERP. Planeación de Recursos Empresariales (*Enterprise Resource Planning*)

FY. Año Fiscal (*Fiscal Year*)

MSA. Análisis del Sistema de Medición (*Measurement System Analysis*)

SAP. Sistemas, Aplicaciones y Procesos en el Procesamiento de Datos (*Systems, Applications and Products in Data Processing*)

SOP. Procedimiento Estándar de Operación

PF-CE-CNX-SOP. Conjunto de herramientas que se aplican como un solo método (Diagrama de Flujo (PF), Causa y Efecto (CE), Constante-Ruido-Experimento (CNX), Procedimiento Estándar de Operación (SOP))

Resumen

La creciente necesidad de las industrias por mejorar sus ganancias debido a los factores económicos y sociales del entorno, las hacen recurrir a todas las herramientas disponibles con el propósito de mejorar y hacer más eficientes sus productos, procesos y/o servicios.

DMAIC, una herramienta de la filosofía Seis Sigma para la resolución de problemas; se escogió como la metodología que nos ayudaría a hacer el planteamiento, análisis, desarrollo y resolución del problema de los inventarios “Inactivos, Obsoletos y Excedentes” (IOS, por sus siglas en inglés) ocasionados por Cambios de Ingeniería de la empresa en cuestión.

Si bien, DMAIC es una herramienta de uso común en el ámbito de los negocios, y los problemas en inventarios de muchas empresas ya es conocido, la manera de atacar el problema es lo que hace la diferencia en este trabajo. En nuestro caso, contribuimos a la reducción de los inventarios obsoletos (IOS) controlando un proceso indirecto al área de almacén pero que puede tener una repercusión directa en los problemas de inventarios y finanzas de la empresa. La aportación lograda después de la aplicación de la metodología DMAIC, fue el de estabilizar el proceso de cambios de ingeniería y reducir las entradas de números de parte obsoletos a los reportes de IOS en un 65% comparado con los datos medidos inicialmente.

Abstract

The growing need for industries to improve their profits due to economic and social environmental factors, make them use of all available tools in order to improve and streamline their products, processes and services.

DMAIC, a tool of Six Sigma philosophy for problem solving, was chosen as the methodology to help us make the approach, analysis and development of part of the problem of Inactive, Obsolete and Excess Inventories caused by Engineering Changes of the company concerned.

While DMAIC is a commonly used tool in the field of business, and inventory problems that many companies suffer is well known, how we tackled the problem is what makes the difference in this work. In our case, we contributed to the reduction of obsolescence (IOS) controlling an indirect process to the storage area but which may have a direct impact on the problems of inventory and business finances.

The contribution achieved after applying the DMAIC methodology, was the one of stabilizing the engineering change process and to reduce the entry of obsolete part numbers to the IOS reports by 65% compared with the initially measured data.

Capítulo 1

Introducción

Durante el siglo XVIII en Inglaterra, se comienza a dificultar el aprovechamiento de la leña como combustible doméstico y comercial; por lo que se ve la necesidad de explotar sus minas de carbón con mayor intensidad. El poder calorífico ofertado por el carbón, era hasta tres veces mayor que el que se podía aprovechar de la leña colectada en los bosques por lo que su explotación sufrió una gran demanda, provocando el desarrollo de herramientas y maquinas auxiliares en su extracción. Una máquina esencial en la explotación del carbón subterráneo, fue la invención de Thomas Newcomen; el ingenio y sentido emprendedor de este personaje, dan vida a la primera máquina comercial de vapor. Esta máquina tenía la capacidad de generar la potencia producida por 20 caballos y facilitar la extracción del agua que inundaba las minas de carbón, haciendo posible una explotación extensiva de cada uno de los depósitos de carbón de Inglaterra.

Una vez emprendida la nueva era del aprovechamiento de la energía, aparece un Ingeniero Escocés llamado James Watt. Impresionado por el ingenio involucrado en la máquina diseñada por Newcomen, Watt la lleva al escrutinio y descubre que en ella se desperdicia hasta un 75% del calor generado por la quema del combustible. Watt propone sus ideas en un nuevo diseño para la construcción de una moderna y eficiente máquina de Vapor, la máquina de Watt producía la misma potencia que la máquina de Newcomen, pero consumiendo una cuarta parte del combustible. El impacto económico provocado por el ingenio de James Watt provocó que hasta hoy en día él sea considerado como el padre de la máquina de vapor.

El desarrollo de Watt provocó que la Industria Textil de la época fuera capaz de utilizar su invento como el corazón motriz de sus plantas, detonando el fenómeno económico-social conocido como la Revolución Industrial.

El mundo de la manufactura sigue evolucionando al paso de los siglos, avanzando con el aprovechamiento de la corriente eléctrica, la producción en serie y la automatización.

Estas nuevas herramientas en los sistemas de producción, permiten que una planta dedicada a la manufactura sea capaz de producir miles de piezas en breves espacios de tiempo. Tales ventajas en el rendimiento de la producción presentan un reto a los ingenieros responsables de dichos procesos, ya que en caso de suscitarse un error, éste se verá multiplicado en proporciones que pueden ocasionar pérdidas millonarias a la empresa.

A mediados de la década de 1980, la empresa Motorola, decide, en base al volumen de producción que presentaba, que era imprescindible reducir sus errores y defectos a niveles del orden de unidades por millón. Lo anterior fue estructurado bajo el mando del Sr. Bob Galvin, quien vio nacer el término de Seis Sigma (Marca Registrada de Motorola) acuñado por el Ingeniero Bill Smith. Dicho sistema permitió que Motorola controlara sus defectos al orden de 99.99996% de efectividad, lo que se traduce en un posible error de tan solo 3.4 partes por millón. Desde entonces, la filosofía de Seis Sigma, ha pasado a ser algo más que un sistema de calidad, sino el estándar de excelencia en los negocios.

Es por ello que desde ese parte-aguas, muchas empresas dedicadas a la producción de bienes o servicios tratan de llevar a cabo los lineamientos de la filosofía Seis Sigma con el afán de controlar sus procesos y garantizar sus utilidades.

Tal es el caso del Corporativo originario de Estados Unidos con Plantas de Manufactura en Tijuana, así como en otras partes de México y del mundo, cuyo nombre se omite por cuestiones de discrecionalidad, en el cual se realizó este trabajo.

Cada planta de este Corporativo en las diferentes ubicaciones a través del mundo tiene diferentes propósitos específicos para cubrir las necesidades de cada región. En este caso, los productos fabricados en la planta de Tijuana, Baja California, tienen 2 vertientes diferentes 1) Fabricación y Ensamble de bocinas para automóviles y 2) Componentes y ensamblajes finales de productos de audio y video para el entretenimiento en el hogar (home entertainment audio and video).

Dando una breve explicación de los sistemas de audio para automóviles, cabe aclarar que son bocinas y amplificadores diseñados y manufacturados para ser instalados directamente por el fabricante automotriz y no intencionadas para su venta al público individual, ya que el diseño varía y se personaliza exclusivamente de acuerdo a las dimensiones y arreglo interior del automóvil en donde serán instalados. Los fabricantes automotrices ofrecen este equipo de sonido únicamente en las versiones de lujo de sus automóviles.

Por otra parte, en el área de entretenimiento para el hogar, la planta de Tijuana se divide a su vez en 2 tipos de proceso. Ensamblados de placas electrónicas ya sea para el uso interno de Tijuana o para ser vendido y distribuido para las líneas de ensamble de las otras plantas hermanas en diferentes lugares de México y el mundo. También se cuenta con un área de ensamble final donde los productos se ensamblan, prueban y empacan para ser exportados a los Estados Unidos, vendidos directamente por las tiendas de la marca, por distribuidores autorizados y para los centros de distribución que se encargan exclusivamente de surtir a los distribuidores autorizados y los pedidos hechos a través de Internet.

En el caso exclusivo de la planta de productos electrónicos en donde se producen Tableros de Circuitos Impresos o mejor conocidos como PCB (*Printed Circuit Board*, su significado en inglés) ya sea para uso automotriz o de entretenimiento para el hogar, los volúmenes requeridos de los ensamblados y por ende la cantidad altísima de componentes electrónicos, pueden sumar millones de piezas anuales. Por lo que resulta casi obvio que ésta es un área crítica en cuestión de capacidad de operación, maquinarias, procesos, inventarios, mano de obra y todos los recursos utilizados para su procesamiento.

El Corporativo dicta que todo proceso de mejora conlleve el uso de los lineamientos de “*Lean*” - Seis Sigma.

En este caso, el área de Finanzas de la empresa determinó que el inventario destinado al apartado del Inventario Inactivo, Obsoleto o Excedente (IOS –por sus siglas en Inglés), era una suma considerable, ya que excedía los \$2,000 000.00 USD, por lo que se decidió tomar acción con el afán de reducir y controlar dicho apartado del inventario. Basado en lo anterior, varios proyectos de mejora han iniciado con la finalidad de atacar este problema.

1.1 Justificación y definición del problema

El presente proyecto de tesis tiene su fundamento en la necesidad de aplicar una herramienta de manufactura esbelta y Seis Sigma, capaz de ayudar a aminorar un problema del departamento de ingeniería que genera consecuencias negativas en el área de cadena de suministros de una empresa de manufactura del giro electrónico, al crear desperdicios de materia prima. Lo anterior debido al manejo inconsistente de cambios en especificaciones de ingeniería cuando se reemplazan componentes en los listados de materiales de los ensambles o sub-ensambles de la empresa, por requerimientos internos o del cliente.

Los cambios de ingeniería son modificaciones a las especificaciones del diseño o presentación del producto, y en su mayoría, son creados por la necesidad de mejorar diseños, y/o reducir costos.

Actualmente, el monto anual estimado que se genera como desperdicio de componentes comprados para el ensamble de productos electrónicos, se estima arriba de \$2 millones de dólares americanos, de los cuales, aproximadamente \$700,000 se contempla que pertenecen al rubro de cambios de ingeniería.

Este hecho, aunado a la creciente necesidad de la empresa para fomentar proyectos de reducción de costos y mantenerse competitiva a nivel global, es lo que ha motivado a la búsqueda de herramientas que ayuden a entender y analizar los procesos existentes, fortaleciendo a su vez los lazos interdepartamentales al formar equipos interdisciplinarios para la búsqueda de soluciones a problemas recurrentes.

1.2 Hipótesis:

La utilización de la metodología DMAIC de Seis Sigma aplicada a la evaluación y mejora del proceso de cambios de ingeniería de componentes electrónicos, hará posible reducir el número de partes y el costo anual debido a la disposición de inventarios de materia prima en obsolescencia.

1.3 Objetivos.

Objetivo General.

- Reducir la cantidad de componentes electrónicos que entran al inventario de obsoletos e inactivos en almacén de la planta de manufactura de Tijuana bajo la clasificación IOS por causa de fechas de efectividad inexactas fijadas en los cambios de ingeniería.

Objetivos Específicos.

- Identificar las causas por las cuales un componente electrónico cae bajo la clasificación IOS
- Identificar la injerencia de cada departamento involucrado con la determinación del status IOS de los componentes.
- Señalar los casos específicos en que el componente se ve clasificado como IOS derivado de un cambio de ingeniería.
- Diseñar un sistema o herramienta que facilite la identificación, monitoreo y control de los componentes electrónicos involucrados en el sistema productivo, que derivado de un cambio de Ingeniería, pasarán al apartado de IOS, con la intención de reducir al mínimo dicho apartado.

Capítulo 2

Estado del Arte

En el estado del arte se hace mención a los temas que otros autores han desarrollado y publicado acerca de los inventarios obsoletos y en exceso que es el objetivo principal como punto de mejora en este trabajo de tesis.

Se presentan diferentes enfoques de problemas atacados y en algunos casos las mejoras obtenidas gracias al uso de la filosofía Seis Sigma y su herramienta metodológica DMAIC.

Cabe resaltar, que en las publicaciones consultadas no se encontró ningún artículo que semejara o desarrollara el tema desde la misma perspectiva que este trabajo de tesis. El llevar a cabo un proyecto de mejora para la reducción de los inventarios inactivos, obsoletos y en exceso con el enfoque de minimizar el impacto que ejercen los cambios de diseño de los productos y el control adecuado de las fechas de efectividad para el manejo de los de los componentes en cuestión al entrar y salir del sistema de inventarios, podemos considerarlo como la aportación que expone el presente.

James W. Martin (2007) menciona que el inventario en exceso y obsoleto es un problema crónico de la cadena de suministro que le cuesta a las empresas miles de millones de dólares cada año. Asegura que la combinación de Manufactura Esbelta y Seis Sigma puede ser eficaz en la eliminación de las causas raíz, y por lo tanto en la prevención de costosas reducciones de inventarios al cierre del año. En su trabajo, utilizó una metodología DMAIC en la que comenzó planteándose objetivos relacionados con el análisis de los inventarios los cuales sobre el desarrolló utilizó como lineamientos. Estos objetivos le ayudaron a entender cómo opera el sistema y recurrió a un modelo común de inventarios para proporcionar los datos que el equipo necesitaba para llegar a las respuestas y causas raíces del problema.

DMAIC le proporcionó los beneficios como la de reducir y eliminar el inventario en exceso y obsoleto, aumentar la precisión del sistema creando modelos de inventarios que le mostraron la relación entre gasto en inventario contra el tiempo de entrega y las variaciones de la demanda,

mayor valuación de inventarios, mayor precisión en conteos cíclicos, y lo más importante fue que lograron reducciones permanentes en el gasto de inventario en exceso y obsoleto [1].

Melissa Connolly (2012) documentó un caso de estudio acerca de un proyecto realizado en 2009 en la empresa *Unison Industries*, donde con el uso de Seis Sigma se logró la reducción de los inventarios en exceso de 25% del inventario total y un 99% del inventario en exceso de ingeniería.

Su investigación demuestra que la metodología Seis Sigma puede ser usada como modelo para resolver problemas críticos, como los excesos de inventarios definiendo claramente el problema, alineando estratégicamente los recursos claves del negocio y siguiendo el enfoque metodológico de Seis Sigma.

Connolly argumenta que al inicio del proyecto el pobre manejo de los inventarios de ingeniería, fue identificado como la causa raíz del problema de *Unison Industries*, la empresa tenía la reputación de no llevar un buen manejo de esos inventarios ya que no eran considerados como activo de la compañía y no se contemplaban como parte de lo que debía ser contabilizado en los inventarios físicos anuales. A lo largo del proyecto y para sorpresa del equipo de trabajo, se encontró como causa raíz que la empresa no tenía bien definidas sus métricas del negocio y las clasificaciones de los inventarios se mezclaban entre inventario general e inventario de ingeniería. Esta clasificación deficiente se ocasionaba porque el equipo de recibos era medido por el tiempo que les llevaba el acomodar el material. Era más rápido procesar los inventarios bajo una clasificación (inventario de ingeniería o producción), así que casi todo lo clasificaban como inventario de producción.

La investigación cierra con la afirmación de que al encontrar los indicadores del proceso adecuados lograron llegar a la causa raíz utilizando la metodología de Seis Sigma y de esta manera llevar a cabo las acciones de mejora correspondientes. Los inventarios manejados en el sistema Planeación de Recursos Empresariales, ERP (Enterprise Resource Planning) de la empresa mejoraron su precisión como se menciona al inicio, un 25% del total de los inventarios generales y un 99% de los inventarios de ingeniería. Por último, también se concluye que con el uso de Seis sigma se llegaron a obtener mejoras sostenibles de un problema crítico y crónico como el crecimiento de los inventarios en exceso [2].

Erick Clower (2010) llevó a cabo una publicación en donde explica cómo se aplicó DMAIC de Seis Sigma para mejorar un problema crítico de inventarios identificado en 2008, cuando fue promovido del área de ingeniería a un rol de liderazgo operacional.

En la literatura, se dice que un proyecto Seis Sigma debe tener una duración de entre 3 y 6 meses para considerarse logable, ya que un proyecto más largo puede perder la prioridad que se desea y es posible que se le reste prioridad entre la inmensidad de problemas que ocurren en el entorno de una empresa o negocio.

No fue así en este caso, donde debido a la complejidad y la gran escala del problema a atacar el proyecto donde DMAIC fue utilizado, tuvo una duración de aproximadamente 18 meses que llevó a Clower y la empresa para que laboraba, de un dato inicial del 60% en entregas a tiempo al cliente hasta un excepcional 98%.

Clower arribó a su nueva posición con experiencia primordialmente en el área de ingeniería y su entrenamiento en Seis Sigma fue fundamental para la toma de la decisión que los llevó a utilizar DMAIC como la metodología para la solución de un problema crítico para una empresa a punto de entrar en la crisis global que afectó a miles de empresas en 2008. Las entregas a tiempo al cliente eran deficientes, situándose en alrededor del 64% de efectividad con un índice de PPM's de alrededor de 40,000 partes por millón (PPM). Clower hace mención de cómo su proyecto tomó el giro de enfocarse en la mejora de los inventarios para solucionar el problema de envíos a clientes. Primero que nada, las entregas tardías radicaban en que siempre se encontraban con el problema de la falta de materiales para producir debido al deficiente manejo de inventarios, después de esto se dieron cuenta de que mucho material se desechaba ya que sus fechas de expiración llamadas "*shelf life*" o vida útil estaban vencidas, y desafortunadamente no se percataban sino hasta que el material llegaba al piso de producción

En una empresa, en donde después de un inventario físico se dieron cuenta de que la precisión de su inventario era del 40%, se explica a grandes rasgos como las 5 fases de DMAIC manejó los eventos importantes que tuvieron efecto a lo largo de los 18 meses que duró el proyecto y que los llevó a la mejora significativa de los inventarios donde pudieron tomar el control de la localización de sus materias primas y productos terminados.

Después de que realizaron actividades para la creación y mejora de las locaciones físicas de material y creación de un sistema para conteos cíclicos de materiales, fueron capaces de incrementar la confiabilidad de su sistema *ERP* para la requisición y manejo de inventarios y *MRP*, siendo así como se logra la mejora sostenida de un 60 a un 98% de entregas a tiempo al cliente [3].

Rick Pay (2010) publica un artículo donde asegura que el inventario obsoleto es uno de los mayores componentes que integran el costo del inventario y es mucho más grande y costoso de lo que las empresas puedan aceptar o cuantificar.

Explica que el inventario obsoleto se acumula debido a la incertidumbre entre la oferta y la demanda y que al reducir esta incertidumbre la exposición a la obsolescencia disminuye.

Según su publicación, 3 herramientas complementan lo dicho anteriormente: 1) planeación en ventas y operaciones; 2) Sistemas de auto-reposición y por último 3) la disciplina de “*ramp up/ramp down*” que pudiera traducirse como “aceleración y deceleración”.

La manera en que Pay presenta la técnica *ramp up/ramp down*, complementa el presente trabajo de tesis al explicar de una manera amigable que este es el proceso sistemático de introducción de nuevos productos y piezas en el sistema de inventario y la eliminación de los que serán sustituidos. Es un proceso que el departamento de compras debe de evaluar y monitorear cuidadosamente.

Por último, así como otros autores mencionan, nos dice que lo que es medible es controlable. Explica que es necesario responsabilizar a las personas mediante el establecimiento de indicadores de rendimiento o métricas de proceso para los productos obsoletos y establecer los niveles aceptables. Mediante la clasificación ABC se debe de identificar los elementos lentos u obsoletos y una vez clasificados, ayudar a eliminar el excedente [4].

Capítulo 3

Marco Teórico

En este capítulo se ofrece el fundamento teórico en que se basa este trabajo de tesis y su desarrollo; tocamos los temas de manufactura esbelta, Seis Sigma, así como herramientas principales y algunas de las metodologías más comunes para la resolución de problemas, entre otros tópicos. Así mismo, se hace referencia a las bases de ambas filosofías, sus inicios y desarrollo hasta llegar a la aplicación práctica de las herramientas que la conforman.

Hoy en día las empresas buscan aumentar su competitividad en el mercado, aumentando sus ganancias y ofertando productos que se distingan de otros. Para esto, la búsqueda del manejo adecuado de sus recursos y la eliminación de los desperdicios juega un papel fundamental en la mejora continua de los procesos y de las buenas prácticas laborales que aumenten la productividad y eficiencia de sus procesos actuales.

3.1 Revolución Industrial

El origen de todos los procesos de manufactura y de ahí, la mejora de los mismos inicia con la revolución industrial.

La expresión o término Revolución Industrial fue difundida a partir del año 1845 por el comunista Federico Engels, uno de los fundadores del socialismo científico, para designar al conjunto de transformaciones técnicas y económicas que caracterizaban a la sustitución de la energía física por la energía mecánica de la máquinas, el cambio a la producción manufacturera por la fabril en el proceso de producción capitalista.

Entre los diversos factores que fueron el origen del proceso de industrialización, tres merecen mención especial: La Revolución Comercial en Europa, la acumulación primitiva de capital y la aparición de avances tecnológicos (máquinas). La causa más importante para el desarrollo de la Revolución Industrial fue la aparición de máquinas de vapor, el telar mecánico, las máquinas de hilar que revolucionaron el siglo XVIII las técnicas de producción industrial. A partir de ahí ocurrió el auge de la industria fabril.

A partir del año 1860 un conjunto de nuevas transformaciones técnicas y económicas producían grandes cambios en el proceso de industrialización y se extendió hasta el inicio de la Primera Guerra Mundial.

Al inicio de la revolución industrial, uno de los primeros retos para la manufactura era el cómo administrar una máquina, ya que producía una enorme cantidad de bienes. El rendimiento de una máquina superó ampliamente al de una persona que realizaba la misma tarea.

Estas primeras máquinas se encontraban en las industrias textiles; Los productos de la rama metalúrgica seguían dependiendo de la mano de obra del hombre. El principal problema en el manejo de estas industrias era todavía la productividad de los trabajadores. En 1885, los problemas administrativos son abordados por primera vez, cuando Frederick Winslow Taylor publica su obra. Taylor proponía que todo el trabajo debería desglosarse en tareas individuales, con el fin de que estas pudieran ser modificadas o eliminadas. Sus primeros estudios se centraron en la motivación individual tanto como en el trabajo que se estaba realizando. Taylor empezó a probar sus teorías en múltiples aplicaciones industriales que se centraron en la búsqueda de "la mejor manera" para realizar las cosas. La aplicación de este método científico, junto con las técnicas de estudio de tiempo introducidos por Frank Gilbreth finalmente llevó a la máxima eficiencia en el trabajo industrial. Taylor obtuvo credibilidad adicional cuando Henry Ford comenzó la construcción de grandes instalaciones para la fabricación de sus nuevos automóviles. El modelo de producción en una línea de ensamble de Henry Ford provocó una transformación total de la manufactura, madurando la producción artesanal a la producción en masa. Esto ayudó a crear un mercado basado en economías de escala y alcance. Más adelante, nacen organizaciones gigantescas diseñadas en torno a la especialización del trabajo surgido por la necesidad de cumplir con los requisitos de las nuevas economías de escala. Dividiendo los gastos fijos, especialmente las inversiones en maquinaria y equipo, así como la organización de las líneas de producción.

3.2 Historia de Henry Ford y el inicio de la manufactura en línea.

A principios del siglo 20 Henry Ford construyó un auto sencillo, fiable y accesible al trabajador promedio, a este automóvil se le conoció como Modelo T. Ford desarrolló un diseño y un método de fabricación que redujo constantemente el costo del Modelo T y en lugar de

embolsarse los beneficios, redujo el precio de su auto. Como resultado, Ford Motors vendió más coches y a su vez aumentó sus ganancias, transformando el automóvil, de ser un juguete de lujo hasta llegar a ser uno de los pilares de la sociedad americana.

A la par de la capacidad de Ford para producir un automóvil accesible, fue también el desarrollo de la línea de montaje que aumentó la eficiencia de la fabricación y la disminución de sus costos. Ford no concibió el concepto, lo perfeccionó. Antes de la introducción de la línea de montaje, los coches eran hechos a mano individualmente por equipos de trabajadores calificados lo cual es un procedimiento lento y costoso. La línea de ensamblaje revirtió el proceso de fabricación de automóviles y con la introducción y el perfeccionamiento del proceso, Ford fue capaz de reducir el tiempo de montaje de un Modelo T de doce horas y media a menos de seis horas [5].

Ford también hizo contribuciones a la producción y consumo en masa dentro del ámbito de la ingeniería de procesos. El sello distintivo de este sistema era la normalización. Esto requería la estandarización de los componentes, procesos de fabricación, además de que los productos fueran fáciles de fabricar. La normalización requiere en lo posible de la intercambiabilidad de piezas. Para lograr esto, Ford explotó los avances que se realizaron en los sistemas de medición así como en las máquinas y herramientas. Dichas innovaciones facilitan la construcción secuencial de los productos fabricados en una línea de ensamble en movimiento, continuo. En 1930, el producto estandarizado de Ford, con su sistema de control y planificación directa se hizo obsoleto por las innovaciones en marketing y organización de General Motors.

El reto de la manufactura durante la década de los 30 se enfocó a la diversidad de los productos fabricados. Mientras que la fabricación a través de los años 30 y 40 todavía se debió a ciclos de producción a gran escala y a las enormes corridas de producción acostumbradas durante los años del Modelo T, mismas que ya no eran posibles.

Los consumidores día con día van marcando el cambio en el ciclo de vida de los productos. A principios de los años 50, la demanda de productos especializados comenzó a cobrar fuerza. No sólo fueron los productos más especializados, sino que también tenían ciclos de vida limitados. Hasta este momento, los fabricantes se habían centrado principalmente en la productividad del trabajo para lograr su ventaja competitiva. Las innovaciones tecnológicas se

convirtieron en las nuevas herramientas de productividad que permitirían a muchos fabricantes seguir siendo competitivos. Dicha tecnología y la productividad diferenciaban a un fabricante de otro. Este período marcó el advenimiento de cambios tecnológicos en máquinas y herramientas (especialmente en tornos y fresadoras), así como en los abrasivos sintéticos.

En la fabricación de lotes, las cantidades a producir se determinan en los parámetros que ubican a una máquina al tope de su espectro productivo y no necesariamente en las demandas del mercado.

La fabricación por lotes ha permitido que las máquinas sean productivas cuando se fabrican grandes cantidades de un producto. A la inversa, el procesamiento por lotes ha creado problemas en la manufactura cuando se trata de fabricar una mezcla de diferentes productos debido a la dificultad para determinar la cantidad óptima, sin llegar a la sobreproducción. Y es justo en este punto en donde la manufactura esbelta ha jugado un papel esencial en el mejoramiento de los procesos industriales [6].

3.3 El nacimiento de la Manufactura Esbelta

La historia inicia 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 detenía de manera automática el telar cuando un hilo se rompía, invento que se convertiría en uno de los pilares del Sistema de producción Toyota, llamado *jídoka* (automatización con toque humano).

Después de vender la patente de la máquina a una compañía inglesa, en 1930 Sakichi y su hijo iniciaron la construcción de *Toyota 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 utilizaban los operadores en la línea de producción. Como se sabe, éstas fueron las bases del *Kankan*.

Pero fue Eiji Toyoda, sobrino de Sakichi y primo de Kiichiro, quien terminó de construir la compañía. Con el tiempo, se volvió el presidente de la compañía. Eiji jugó un papel clave en la selección y el empoderamiento de los líderes que conformarían el sector de ventas, manufactura, desarrollo de productos y, lo más importante, del Sistema de producción Toyota.

3.3.1 Desarrollo del Sistema de producción *Toyota*

Eiji Toyoda regresó de un viaje por los Estados Unidos, en 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. Le asignó a Taiichi una nueva actividad: mejorar el proceso de manufactura de 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.

En la tabla 3.1, podemos ver las diferencias que tenían los dos sistemas en 1950.

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

Afortunadamente para Ohno, la tarea que Eiji le había asignado no significaba competir con Ford. El sólo le pidió que se enfocara en el mejoramiento de los procesos de Toyota dentro del mercado japonés.

Tabla 3.1 Diferencias entre los sistemas Ford y Toyota en 1950

Ford	Toyota
Estaba diseñado para producir grandes cantidades de un número limitado de modelos.	Necesitaba producir volúmenes bajos de diferentes modelos usando la misma línea de ensamblaje, porque era lo que demandaba el consumidor en su mercado de autos. Los niveles de demanda eran muy bajos como para tener una línea exclusiva para cada modelo.
Tenía mucho capital y muchos recursos económicos, así como un mercado internacional y nacional que cubrir.	No tenía dinero y tenía que operar en un país pequeño, con pocos recursos y capital. Necesitaba hacer girar el dinero rápidamente.
Tenía una cadena de suministros completa.	No contaba con una cadena de suministros.

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.

Junto con las lecciones de Henry Ford, el Sistema de producción *Toyota* tomó prestadas muchas ideas de Estados Unidos. Una muy importante fue el concepto del "sistema jalar", el cual fue retomado de los supermercados en Norteamérica. En cualquier supermercado, los artículos individuales se surten conforme estos disminuyen su número dentro del estante, según como la gente los va consumiendo. Aplicar esto en el piso de producción significa que, dentro del proceso no se debe hacer nada (abastecerlo) hasta que el próximo proceso use lo que originalmente había surtido (hasta bajar a una pequeña cantidad de "inventario de seguridad"). En el Sistema de producción *Toyota*, cuando el inventario de seguridad está en su nivel mínimo, entonces se manda una señal para resurtir las partes (esto es mejor conocido como *kanban*). Lo anterior crea un "jalón", el cual continúa en cascada hacia atrás para iniciar con el ciclo de manufactura. Sin el sistema *jalar*, el *justo a tiempo* (JIT), uno de los dos pilares del Sistema de producción *Toyota*, no sería posible.

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 del principio de Deming, "el siguiente proceso es el cliente". Esto se volvió una expresión importante en el 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 de Planear-Hacer-Revisar-Actuar (PDCA, por sus siglas en inglés), como piedra angular del mejoramiento continuo. El término japonés para el mejoramiento continuo con base en la generación e implementación de ideas es *kaizen*, el cual ayuda alcanzar la meta de "*Lean*", que es eliminar todos los desperdicios en el proceso. *Kaizen* es una filosofía completa que lucha por la perfección y por mantener el Sistema de producción *Toyota*.

Para los años sesenta, el Sistema de producción *Toyota* era una filosofía muy poderosa que todo negocio debería aprender. *Toyota* dio los primeros pasos para esparcir sus principios a sus proveedores clave. Cuando, en 1973, se tuvo la primera crisis petrolera, *Toyota* sobresalía de las demás compañías, y, viendo esto, el gobierno japonés trató de copiar el sistema de *Toyota* para pasarlo a las demás empresas. Con este fin, inició la impartición de seminarios a todas las empresas, aunque éstas sólo entendían una fracción de lo que *Toyota* estaba haciendo.

Para llegar a lo que la Manufactura esbelta es hoy en día, han sucedido una gran cantidad de eventos. *Toyota* no descubrió el hilo negro; simplemente supo coordinar, unir y trabajar ciertas metodologías y técnicas de una forma disciplinada, con el fin de disminuir los desperdicios dentro de su proceso productivo. Además, basándose en el trabajo duro y el esfuerzo de la mejora continua día con día, logró crear el Sistema de Producción *Toyota*, que es lo que realmente hace grande a la empresa [7].

3.3.2 Concepto de Manufactura Esbelta

Manufactura Esbelta son varias herramientas que ayudan a eliminar todas las operaciones que no le agregan valor al producto, servicio y a los procesos, aumentando el valor de cada actividad realizada y eliminando lo que no se requiere. Reducir desperdicios y mejorar las operaciones, basándose siempre en el respeto al trabajador [8].

En el concepto de Manufactura Esbelta tenemos que la eliminación total del desperdicio es la clave de dicha metodología [9].

A continuación se definen los 7 desperdicios de la Manufactura Esbelta:

Sobreproducción: Producir producto en mayor cantidad de la requerida por el cliente. Esto nos lleva a acumular producto lo que implica gastar más dinero del necesario al utilizar más materia prima de la que se requería así como la utilización de equipos y energía que no se necesitaba en ese momento; además de correr el riesgo que dicho exceso de material sufra algún tipo de daño o contenga algún problema que no fue identificado y requiera de retrabajo posteriormente. Todo esto solo agrega costo al producto final.

Inventario: El producto terminado, el producto en proceso y las partes y piezas mantenidas en el inventario normalmente no agregan valor; al contrario solo agregan costo por ocupar espacio, requerir equipo de manejo de materiales, cadenas de transporte y montacargas. Una vez que bajamos los niveles de inventario, empezaremos a ver los problemas que requieren solución para poder agregar valor a nuestro producto.

Reparación/Rechazos: Los rechazos de calidad interrumpen el proceso productivo, generan acumulación de material y costosos procesos de reparación, que eventualmente pueden generar que algunos productos defectuosos lleguen a las manos de los clientes. Todo esto genera incrementos de costo así como inconformidad por parte de los clientes.

Movimiento: Todo movimiento de una persona que no sea necesario para agregar valor al proceso es un desperdicio. Es muy importante garantizar que los componentes necesarios para efectuar el trabajo de la persona se encuentran lo más cerca posible de la operación, la búsqueda de material al inventario, el acarreo de piezas pesadas, la búsqueda de documentos, todo esto son muestras de desperdicio que debemos evitar.

Sobre-procesamiento: Efectuar pasos innecesarios para producir un producto es un ejemplo de desperdicio de sobre-procesamiento. Movimiento excesivo de componentes dentro de la planta hasta llegar al sitio donde finalmente serán ensamblados los mismos también son ejemplos de desperdicio. Estos pueden ser evitados simplificando los procesos y agrupando operaciones más cerca del lugar de ensamble final.

Espera: Cuando un operario espera por el resultado de otra operación para poder continuar su proceso, cuando un equipo falla y la persona no puede continuar con su operación; este tipo de desperdicio normalmente puede ser observado fácilmente.

Transporte: El mover materiales y piezas en el proceso productivo es algo normal, pero es muy importante tener en cuenta que todo este movimiento no agregan nada de valor al producto; por tal razón todos estos movimientos deben ser minimizados, pues los mismos son innecesarios y podrían incorporar daño a nuestro producto al no ser manejado apropiadamente.

3.3.3 Herramientas de la manufactura esbelta

Estas herramientas desarrollarán una filosofía de Mejora Continua que le permita a las compañías eliminar los desperdicios en todas las áreas, reducir sus costos, mejorar los procesos, aumentar la satisfacción de los clientes y mantener el margen de utilidad [10].

La Manufactura Esbelta proporciona a las compañías herramientas para sobrevivir en un mercado global que exige alta calidad, entrega rápida a menor precio y en la cantidad requerida.

Estas herramientas son:

- 1) Mapeo de la Cadena de Valor (VSM)
- 2) 5 S's
- 3) Justo a Tiempo (JIT)
- 4) Sistema de Jalón (PULL)
- 5) Mantenimiento Productivo Total (TPM)
- 6) Mejora Continua (KAIZEN)
- 7) Cambio Rápido de Modelo (SMED)
- 8) Kanban

1. Mapeo de la Cadena de Valor

VSM (Value Stream Mapping)

Es una herramienta de papel y lápiz que ayuda a ver y entender el flujo de material e información de cómo un producto o servicio recorre su camino a través de la cadena de valor de principio a fin. La comprensión de cómo varias actividades están interconectadas y donde podrían estar fallando las conexiones o actividades; reconocer el desperdicio y reconocer sus causas.

Una cadena de valor son todas las acciones (ya sea acciones que agregan valor y acciones que no agregan valor) requeridas para diseñar, ordenar y proveer un producto o valor a través de los flujos principales esenciales para cada producto:

- El flujo de producción desde materia prima hasta las manos del cliente.
- El flujo del diseño desde el concepto hasta el lanzamiento.

VSM también puede ser una herramienta de comunicación, una herramienta de planeación y una herramienta para manejar el proceso de cambio.

La actividad de mapeo ajusta la cadena total de eventos desde la comunicación con proveedores, hasta la entrega del producto terminado al cliente.

2. Las 5 S

El objetivo central de las 5 S es lograr el funcionamiento más eficiente y uniforme de las personas en los centros de trabajo. Puesto que cuando nuestro entorno de trabajo está desorganizado y sin limpieza perderemos la eficiencia y la moral en el trabajo se reduce.

Cada S representa una palabra en japonés:

Seiri= Seleccionar: Eliminar lo que no se necesite

Seiton= Todo en su lugar: Asignar un lugar fijo, lógico y conveniente a cada herramienta o material necesario.

Seiso = Super limpieza: Hacer una limpieza excepcional.

Seiketsu = Estandarización: Establecer las nuevas condiciones como normales.

Sitsuke = Sostenimiento: Sostener el esfuerzo para no perder lo avanzado.

3. Justo a Tiempo (JIT)

Justo a Tiempo es producir un artículo en el momento que es requerido para que este sea vendido o utilizado por la siguiente estación de trabajo en el proceso de manufactura. La producción dentro de la célula, así como la entrega de material a la misma, se ven impulsadas sólo cuando el inventario de la célula siguiente se encuentra debajo de cierto límite como resultado de su consumo y ha llegado una cantidad de material semejante a la entregada a la primera célula de trabajo.

El JIT sigue los siguientes principios:

- a) Igualar la oferta y la demanda
- b) El peor enemigo: el desperdicio
- c) El proceso debe ser continuo
- d) Mejora Continua
- e) Es primero el ser humano
- f) La sobreproducción es ineficiencia
- g) No vender el futuro.

4. Sistema de Jalón (PULL)

Uno de los principios fundamentales de la Manufactura Esbelta, es producir de acuerdo a la demanda del mercado. Consecuentemente todo lo que se produzca fuera de este entorno se considera sobre-producción (que es uno de los 7 desperdicios). La planificación siguiendo el criterio PULL, sobre todo en aquellos procesos de corto tiempo de ejecución, radica en planificar la producción solo lo que se va a enviar al cliente. Esto evita ocupar máquinas, equipos y personas en producciones cuya demanda no es inmediata. Por otra parte, también al reducir el tamaño de los lotes de fabricación, cualquier incidencia durante el proceso es inmediatamente detectada y resuelta.

El Sistema de Jalón se resume en producir solamente lo que es necesario y para ello, es imperativo que cada operación prevea los materiales requeridos por la operación siguiente y ésta

a su vez, prevea los requerimientos de materiales de la siguiente operación. En este sentido, se parte del final con el número de unidades a producir y se determina de manera regresiva las necesidades de materiales en la etapa inmediata anterior y así sucesivamente.



Figura 3.1 Secuencia del sistema de Jalón

5. Mantenimiento Productivo Total (TPM)

El TPM, como herramienta privilegiada para la creación de una Empresa Esbelta, es una metodología de administración orientada a la optimización de los activos empresariales a través de la eliminación total de las pérdidas. Por medio de la identificación de estas pérdidas existentes en el proceso productivo y de su transformación en oportunidades de mejora, el TPM promoverá reducción de costos y asegurará una mayor competitividad. Para ello gestiona la totalidad de la empresa mediante una estructura organizacional, cuya orientación principal es un enfoque creativo contra las pérdidas, a través de las actividades de los pequeños grupos autónomos e involucrando paulatinamente a todos los departamentos (Ingeniería, Ventas, Administración, Finanzas, Planificación), y a todo el personal, desde la alta dirección hasta los operarios de planta, en un mismo proyecto: Cero Pérdidas.

6. Mejora continua (Kaizen)

Kaizen es un sistema enfocado en la mejora continua de toda la empresa y sus componentes, de manera armónica y proactiva. El Kaizen surgió en el Japón como resultado de sus imperiosas necesidades de superarse a sí misma de forma tal de poder alcanzar a las potencias industriales de occidente y así ganar el sustento para una gran población que vive en un país de escaso tamaño y recursos. Hoy el mundo en su conjunto tiene la necesidad imperiosa de mejorar día a día. La contaminación ambiental, el continuo incremento de la población a nivel mundial y el agotamiento de los recursos tradicionales más fácilmente explotables, hacen necesaria la búsqueda de soluciones, las cuales sólo podrán ser alcanzadas mediante la mejora continua en el uso de los recursos en un mundo acostumbrado al derroche y el despilfarro. Kaizen se apoya sobre los equipos de trabajo y la Ingeniería Industrial para mejorar los procesos productivos. En sí, Kaizen se enfoca a la gente y a la estandarización de los procesos.

Su práctica requiere de un equipo integrado por personal de producción, mantenimiento, calidad, ingeniería, compras y demás empleados que el equipo considere necesario. Su objetivo es incrementar la productividad controlando los procesos de manufactura mediante la reducción de tiempos de ciclo, la estandarización de criterios de calidad y de los métodos de trabajo por operación.

7. Cambio rápido de modelo (SMED)

Este sistema fue desarrollado para acortar los tiempos de la preparación de máquinas, haciendo posible hacer lotes de tamaño más pequeño. Los procedimientos de cambio de modelo se simplificaron usando los elementos más comunes o similares usados habitualmente.

Objetivos de SMED:

- Facilitar los pequeños lotes de producción.
- Rechazar la fórmula de lote económico.
- Correr cada parte cada día (fabricar).
- Alcanzar el tamaño de lote a 1.
- Hacer la primera pieza bien cada vez.
- Cambio de modelo en menos de 10 minutos.

Beneficios de SMED:

- Producir en lotes pequeños.
- Reducir inventarios.
- Procesar productos de alta calidad.
- Reducir los costos.
- Tiempos de entrega más cortos.
- Ser más competitivos.
- Tiempos de cambio más confiables.
- Carga más equilibrada en la producción diaria.

8. Kanban

Kanban es el uso de etiquetas que contienen información que sirven como orden de trabajo, esta es su función principal, en otras palabras es un dispositivo de dirección automático que brinda información acerca de qué se va a producir, en qué cantidad, mediante qué medios y cómo transportarlo.

Dentro de las principales funciones desarrolladas por la Etiqueta Kanban, tenemos:

Control de la producción.- Integración de los diferentes procesos y el desarrollo de un sistema Justo a Tiempo, en el cual, los materiales llegarán en el tiempo y cantidad requerida en las diferentes etapas de la fábrica y si es posible incluyendo a los proveedores.

Mejora de los procesos.- Facilita la mejora en las diferentes actividades de la empresa mediante el uso de Kanban, esto se hace mediante técnicas de ingeniería.

3.4 Introducción a Seis Sigma

La primera parte del marco teórico se enfoca a explicar la historia y elementos de la manufactura esbelta, destacando el hecho de que todas sus herramientas son encaminadas a la eliminación de desperdicios. Es necesario también abordar el tema de Seis Sigma y su fundamento estadístico, explicando a su vez la fusión de ambas, creando Lean-Seis Sigma. Estas filosofías son complementarias y si se desarrollan correctamente, pueden conducir a cualquier empresa o negocio a obtener resultados sin precedentes.

3.4.1 ¿Qué es Sigma?

La desviación estándar de un conjunto de datos, representada por la letra griega sigma, σ , muestra cuánta variación o dispersión hay en los datos con relación a la media. Una desviación estándar baja indica que los datos tienden a estar muy cerca de la media (también llamado valor esperado); una desviación estándar alta indica que los datos se reparten en un amplio rango de valores.

La determinación de los niveles sigma de un proceso (un sigma, seis sigma, etc) permite que el rendimiento del proceso pueda compararse a lo largo de toda una organización, debido a que es independiente del proceso. Se trata simplemente de una determinación de oportunidades y defectos, sin embargo, los términos son definidos apropiadamente para ese proceso específico.

Para un resultado que tiene una distribución normal, el 99,7% se espera que caiga entre ± 3 niveles de sigma [11].

3.4.2 Capacidad Sigma.

Es una métrica del rendimiento del proceso y está expresada en defectos por millón de oportunidades (DPMO).

Se dice que muchos negocios ordinarios en realidad funcionan a entre tres y dos en cuanto a rendimiento sigma. Esto equivale a aproximadamente entre 66.800 y 308.500 defectos por millón de operaciones, que es también, en general considerado como un nivel insostenible de la satisfacción del cliente. Es decir, es probable que esté en declive, o muy próximo a estar de esa manera.

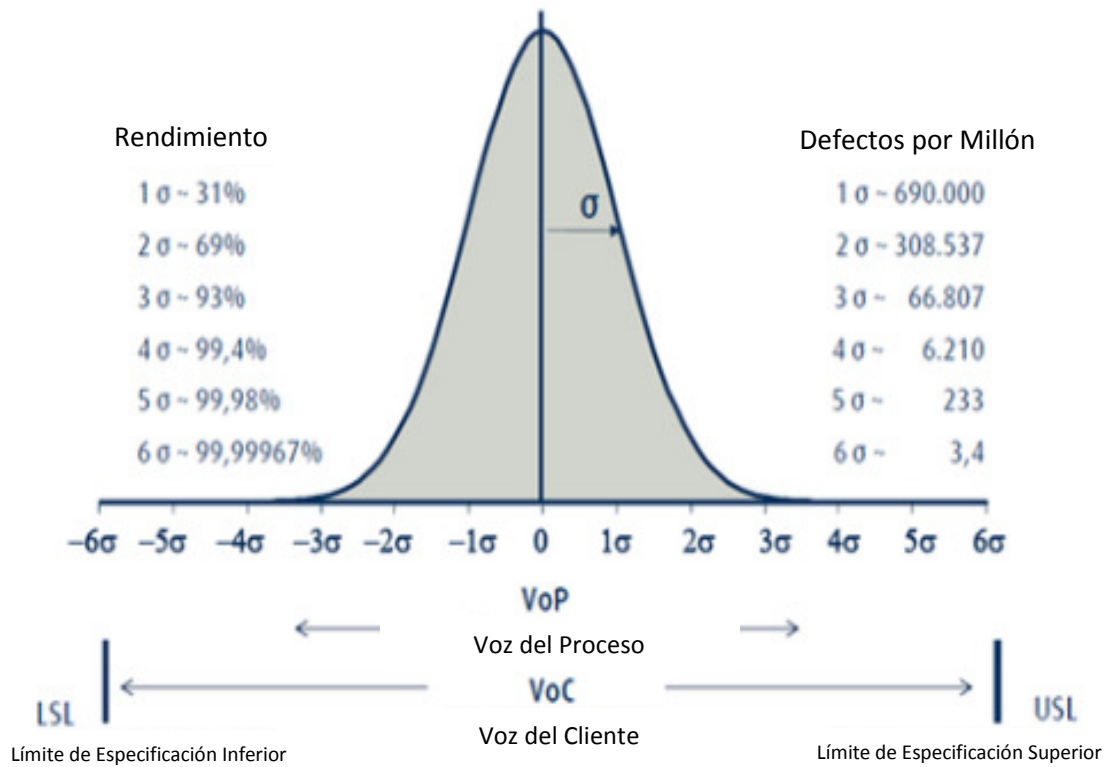


Figura 3.2 Ejemplo de campana de gauss de nivel sigma

Seis Sigma busca la perfección y permite solo 3.4 defectos por millón de oportunidades por cada producto, operación o transacción. La mayoría de las compañías funcionan a un nivel de tan solo 3 o 4 sigma, perdiendo un 10 a 15% del total de sus ganancias debido a los defectos.

Una medida de cuatro sigma equivale a aproximadamente 6.200 DPMO, o alrededor de 99.4% perfección. Se puede considerar que un nivel aceptable de calidad en ciertos tipos de negocios, por ejemplo, una cafetería de carretera, pero una tasa de éxito del 99,4% es, obviamente, un nivel inaceptable de la calidad en otros tipos de negocios, por ejemplo, mantenimiento de aviones de pasajeros.

Una medida de cinco sigma equivale a sólo 233 defectos por millón de oportunidades, lo que equivale a una tasa de perfección 99,98%, y podría decirse que es aceptable para muchas empresas, aunque no lo suficientemente bueno para la industria aeronáutica.

La figura 3.3 muestra una escala de conversión de Capacidad Sigma y su relación entre DPMO y el índice de rendimiento de éxito.

NIVEL EN SIGMA	DPMO	RENDIMIENTO
6	3.40	99.9997 %
5	233.00	99.98 %
4	6.210,00	99.3 %
3	66.807,00	93.3 %
2	308.537,00	69.15 %
1	690.000,00	30.85 %
0	933.200,00	6.68 %

Figura 3.3 Defectos por millón de oportunidades (DPMO)

3.4.3 Definición de Seis Sigma

Seis Sigma, es un enfoque revolucionario de administración que mide y mejora la calidad, ha llegado a ser un método de referencia para al mismo tiempo, satisfacer las necesidades de los clientes y lograrlo con niveles próximos a la perfección [12].

Es un método que basado en datos y en el uso de las herramientas estadísticas, lleva la calidad hasta niveles próximos a la perfección, diferente de otros enfoques ya que también corrige los problemas antes de que se presenten. Específicamente, se trata de un esfuerzo disciplinado para examinar los procesos repetitivos de las empresas.

Las raíces de Seis Sigma como un estándar de medición se pueden remontar a Carl Frederick Gauss (1777-1855), quien introdujo el concepto de la curva normal. Seis Sigma como un estándar de medición en la variación del producto se remonta a la década de 1920, cuando Walter Shewhart demostró que tres sigma de la media es el punto en el que un proceso requiere corrección.

Muchas de las normas de medición (Cpk, cero defectos, etc) más tarde llegaron a la escena, pero el crédito por acuñar el término "Seis Sigma" va a un ingeniero de Motorola llamado Bill Smith.

En esencia, el objetivo de Seis Sigma es reducir la variabilidad de los procesos, aumentando así la solidez de las organizaciones. Se ha adoptado para reducir el costo de la atención de mala calidad y mejorar la capacidad de los procesos [índices Cp y Cpk], aumentando su nivel de sigma. Un aumento en el sigma corresponde a una mejora significativa en el rendimiento de un proceso ya que este se encontrará más próximo a la perfección [13].

3.4.4 Nivel Sigma (σ)

Número de desviaciones estándar entre el centro del proceso y el límite de especificación más cercano (esto es el valor Z). Es una métrica usada para definir el desempeño o capacidad de un proceso.

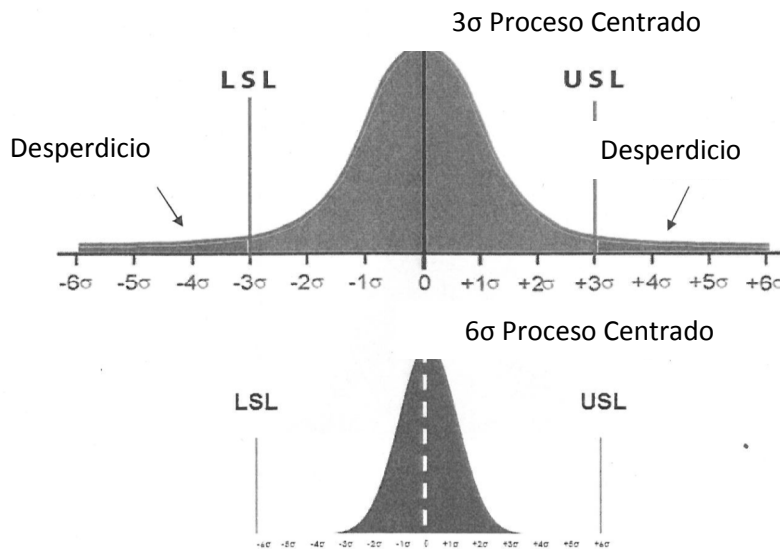


Figura 3.4 Representación gráfica del nivel 3σ y 6σ

C_{pk} = Proporción de tolerancias naturales (3σ) entre el centro del proceso y la especificación más cercana.

Donde:

$$= \text{minimo} \left(\frac{USL - \bar{y}}{3\sigma}, \frac{\bar{y} - LSL}{3\sigma} \right)$$

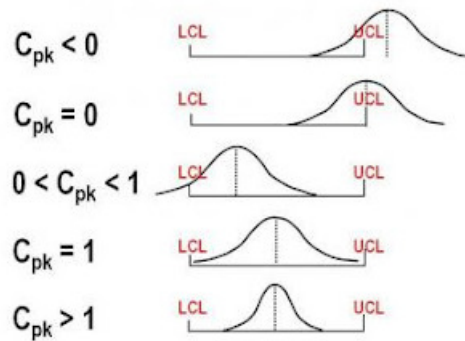


Figura 3.5 Ejemplo gráfico del comportamiento del índice C_{pk}

C_p = Se refiere a la capacidad de un proceso de producir dentro de los límites de tolerancia establecidos.

Un proceso se considera “capaz” si $C_p \geq 1,33$

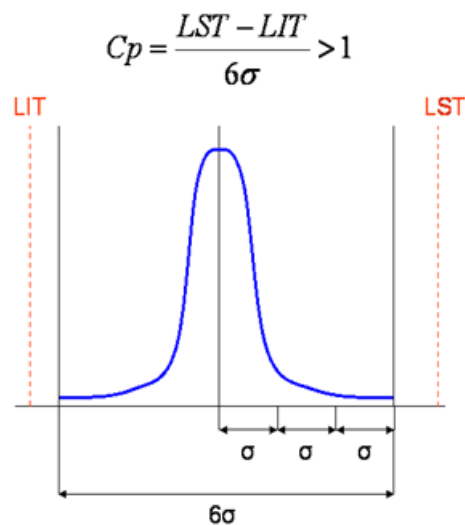


Figura 3.6 Fórmula y representación gráfica de C_p

3.4.5 Seis Sigma como Estándar

A mediados de 1980 el presidente de Motorola, Bob Galvin y los ingenieros de Motorola decidieron que los niveles tradicionales de calidad -medida de defectos en miles de piezas- no proporcionaban suficiente precisión. En cambio, querían medir los defectos por millón de oportunidades. Motorola desarrolló este nuevo estándar y creó la metodología así como un cambio cultural. Seis Sigma ayudó a Motorola obtener excelentes resultados en su sistema de manufactura; de hecho, se documentaron ahorros por más de \$16 mil millones de dólares como resultado de la nueva filosofía de Seis Sigma.

En base a ese hecho, cientos de empresas a nivel mundial han adoptado dicha filosofía como un estándar [13].

Seis Sigma según Motorola

En Motorola se ve a Seis Sigma en tres diferentes niveles:

- Como una métrica
- Como una metodología
- Como un sistema de gestión

El término "Sigma" se utiliza a menudo como una escala para los niveles de la "bondad" o calidad usando esta escala, Seis Sigma equivale a 3.4 defectos por millón de oportunidades (DPMO). Por lo tanto, Seis Sigma comenzó como un esfuerzo de reducción de defectos en la fabricación y se aplicó a otros procesos con el mismo fin.

Al evolucionar Seis Sigma se ha puesto menos énfasis en la definición literal de 3,4 DPMO es decir, contar defectos en productos y procesos.

Seis Sigma es una metodología de mejora de negocio que se centra en una organización:

- La comprensión y la gestión de las necesidades del cliente
- Alineación de los procesos clave de negocio para alcanzar dichos requisitos
- Utilizando el análisis riguroso de los datos para minimizar la variación en los procesos
- Conducir una mejoría rápida y sostenible a los procesos de negocio

El corazón de la metodología es el modelo DMAIC para la mejora del proceso. DMAIC es comúnmente utilizado por los equipos de proyectos Seis Sigma y es un acrónimo de:

- Definir oportunidad
- Medir el desempeño
- Analizar las oportunidades
- Mejorar el rendimiento
- Controlar el rendimiento

Motorola ha observado con el tiempo, que el sistema de administración Seis Sigma no es suficiente para impulsar mejoras y resultados perdurables. Para lograr un mejor aprovechamiento, Motorola se asegura que las métricas del proceso y la metodología estructurada se apliquen a las oportunidades de mejora que estén directamente vinculados con la estrategia de la organización.

Cuando se ejerce la filosofía de Seis Sigma, se aprovecha como un sistema de alto rendimiento para la ejecución de la estrategia de los negocios; Seis Sigma es un sistema de soluciones de arriba hacia abajo que ayuda a las empresas a:

- Direccionar su estrategia de negocio en torno a los esfuerzos significativos de mejora.
- Orientar a los equipos de trabajo para atacar proyectos de alto impacto.
- Acelerar la mejora de los resultados.
- Hacer perdurables las mejoras obtenidas.

El Sistema de administración de Seis Sigma promueve la transparencia en torno a la estrategia de la empresa y a las métricas que mejor reflejen el éxito de dicha filosofía. Seis Sigma da prioridad y enfoca los recursos para los proyectos que mejoren las métricas, y aprovecha a los líderes que se encargarán de administrar los esfuerzos para que los resultados del negocio mejoren de una manera rápida y sostenible [14].

3.4.6 Historia de Seis Sigma

Desde la década de 1920, la palabra "sigma" ha sido utilizada por los matemáticos y los ingenieros como un símbolo de una unidad de medida de la variación de la calidad del producto.

Cabe destacar que es sigma con 's' minúscula, porque en este contexto sigma es una unidad genérica de medición.

A mediados de la década de 1980 los ingenieros de Motorola Inc. en EE.UU. utilizaron de manera informal el nombre de "Seis Sigma" para una iniciativa interna enfocada a reducir los defectos en los procesos de producción, ya que representaba un adecuado nivel de calidad. (Aquí Sigma se escribe con "S" Mayúscula, porque en este contexto Seis Sigma es un nombre de la marca a la iniciativa de Motorola).

En el año 1991 Motorola certificó a sus primeros "*Black Belt*" (cinta negra) en Seis Sigma. Lo que indica el comienzo de la formación acreditada en métodos Seis Sigma.

A mediados de los 90 Seis Sigma se había convertido en una filosofía y metodología transferible, sobre todo para grandes corporaciones manufactureras del ramo eléctrico, entre otros, además de organizaciones fuera del sector manufacturero.

Para el año 2000, Seis Sigma se estableció efectivamente como una industria en sí misma, que implica la formación, consultoría e implementación de la metodología Seis Sigma en todo tipo de organizaciones en todo el mundo. Es decir, en poco más de diez años, Seis Sigma se convirtió rápidamente no sólo en una metodología muy popular utilizada por muchas empresas para la calidad y mejora de procesos.

3.4.7 Uso de Seis Sigma como Metodología

Seis Sigma es una metodología que requiere y alienta a los líderes del equipo y de los equipos para tomar la responsabilidad de implementar los procesos Seis Sigma. Es significativo que estas personas necesitan ser capacitados en seis métodos de Sigma; especialmente el uso de la medida y herramientas de mejora y en la comunicación y las habilidades de relación, necesarias para involucrar y servir a las necesidades de los clientes y proveedores internos y externos que conforman los procesos críticos de cadenas de suministro de la organización.

La terminología Seis Sigma cuenta con nombres interesantes para otros elementos en el modelo, por ejemplo *Green Belt* y *Black Belt* ("Cinturones Verdes" y "Cinturones Negros",

respectivamente), que denotan las personas con diferentes niveles de experiencia y diferentes responsabilidades, para la implementación de métodos Seis Sigma.

Los equipos Seis Sigma, utilizan una amplia gama de herramientas en cada etapa de la implementación Seis Sigma para definir, medir, analizar y controlar la variación en la calidad del proceso, y para manejar a las personas, los equipos y las comunicaciones.

Cuando una organización decide implementar Seis Sigma, primero el equipo ejecutivo tiene que decidir la estrategia que podría normalmente denominarse como una iniciativa de mejora, y la base de esta estrategia debe centrarse en los procesos esenciales necesarios para cumplir con las expectativas del cliente.

El equipo de directivos o gerentes ("Cinturón Negro" normalmente) que son dueños de estos procesos, son responsable de:

- La identificación y la comprensión de estos procesos en detalle.
- La comprensión de los niveles de calidad, especialmente la tolerancia de variación que los clientes internos y externos esperan.
- Medir la eficacia y eficiencia de cada proceso de ejecución; sobre todo reducir el número de defectos por millón de operaciones.

La mayoría de los profesionales y usuarios de Seis Sigma DMAIC se refieren a los principios de Motorola como una manera de reforzar y recordar a los participantes lo que hay que hacer:

Seis Sigma DMAIC y elementos del proceso DMAICT:

D - Definición de oportunidad

M - Medir el desempeño

A - Analizar oportunidades

I - Mejorar el rendimiento

C - Rendimiento de control y, opcionalmente:

T - Transferencia de mejores prácticas (para difundir el aprendizaje de otras áreas de la organización)

Motorola hace hincapié en que para que Seis Sigma logre mejoras innovadoras, que sean sostenibles en el tiempo, los métricos del proceso y la metodología estructurada deben ampliarse y aplicarse a las oportunidades de mejora que están directamente vinculadas con la estrategia organizacional. No tiene sentido medir y mejorar las cosas que no tienen un impacto significativo en los procesos organizacionales con importancia estratégica.

Los jefes de equipo de Seis Sigma Cinturón Negro (*Black Belt*) trabajan con sus equipos (los miembros del equipo serán normalmente personas capacitadas hasta la acreditación máxima de *Green Belt*) para analizar y medir el rendimiento de los procesos críticos identificados.

La medición se centra normalmente en interpretaciones muy técnicas de defectos porcentuales y un detallado y profundo análisis de los procesos, la participación de las estructuras organizativas y diagramas de flujo. Se utilizan muchas otras herramientas de medición y análisis de rendimiento, por ejemplo, el método de mapeo de procesos, entre otros, dependiendo de los procesos y sistemas preferidos por los jefes de equipo y los estadísticos del proyecto, y lo que hay que medir y analizar.

Seis Sigma no estipula específicamente qué métodos de análisis deben ser utilizados, la organización y sobre todo los líderes de los equipos deciden estas cosas, es por esto por lo que la implementación y el uso de Seis Sigma varía tan ampliamente, y también la razón por la que Seis Sigma seguirá evolucionando. Cualquier herramienta de análisis puede ser incluida dentro de la aplicación de Seis Sigma.

3.4.8 ¿Dónde se Aplica Seis Sigma?

Literalmente cualquier compañía puede beneficiarse del proceso Seis Sigma. Diseño, comunicación, formación, producción, administración, pérdidas, etc. Todo entra dentro del campo de Seis Sigma. Las posibilidades de mejora y de ahorro de costos son enormes, pero el proceso Seis Sigma requiere el compromiso de tiempo, talento, dedicación, persistencia y, por supuesto, inversión económica.

Sabemos que Seis Sigma tiene una aplicación en todos los sectores, aunque tradicionalmente, se ha utilizado para las actividades más sensibles a la variabilidad, con una fuerza específica ante mercados inestables y / o capacidades internas débiles.

Internamente, en una organización, Seis Sigma se aplica a todos los niveles y funciones, con diferentes grados de responsabilidad y la intervención operativa. En este sentido, hay que tener en cuenta algunos factores fundamentales: el liderazgo y el compromiso de la alta dirección y el conocimiento de la metodología y las herramientas, la selección y el establecimiento de proyectos de mejora (en línea con la estrategia de la compañía), la infraestructura aplicación (de personas, tiempo y recursos), y por último, el seguimiento de los resultados.

Las áreas funcionales en el ámbito de aplicación de Seis Sigma incluyen los procesos de fabricación, la innovación, la investigación, el diseño de productos y servicios, y actividades de los financieros y de seguros, mediante la prestación de atención de la salud y el estado, con un fuerte enfoque en los procesos operativos.

Asociadas a los procesos de estabilización, Seis Sigma también ha sido elegido para promover la transparencia organizativa mediante la creación de un lenguaje técnico común, que le permite supervisar y mejorar el rendimiento.

3.4.9 Esquema Metodológico para Implementar Seis Sigma

DMAIC es el método de 5 pasos que forma parte de la caja de herramientas de Seis Sigma y su solo objetivo es el de reducir la variación de sus costos, de los procesos de manufactura y de negocios.

DMAIC es la parte medular de la metodología Seis Sigma, proporciona un desempeño libre de errores en forma continua y costos de calidad altamente competitivos a largo plazo.

Los 5 pasos de DMAIC son, Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar.

Requerimientos de Proyectos



Figura 3.7 Ejemplo de Actividades de un Proyecto DMAIC

Los programas de aplicación de la metodología Seis Sigma están diseñados para medir de acuerdo con la realidad específica de la empresa.

- Proporcionar los conocimientos y habilidades para un liderazgo excepcional y proyectos eficaces de mejora.
- Están basados en metas tangibles e indicadores, lo que permite cuantificar en cualquier momento los beneficios generados por el programa.
- Se producen resultados inmediatos, ya que la calificación es espaciada y consiste en la ejecución o aplicación del plan de un proyecto.
- Incluir criterios para la selección de los candidatos a "Cinturón Negro" y/o "Cinturón Verde", asegurando que la metodología sea respetada, obtiene resultados y es apoyada por la Dirección.

3.4.9.1 Herramientas de apoyo para el desarrollo de la metodología Seis Sigma.

A este listado de herramientas también se les pueden agregar las que son usadas para las aplicaciones de Manufactura Esbelta por ser perfectamente complementarias.

1. Árbol Critico para la Calidad (CPC)
2. Diagrama del proceso
3. Histograma
4. Diagrama de Pareto
5. Hoja de Análisis del Proceso
6. Diagrama de Causa efecto
7. Diagrama de Dispersión
8. Diagrama de Afinidad
9. Diagrama de Movimiento
10. Diagrama de Control

En los últimos años se ha escrito y discutido mucho acerca de “*Lean*” y “*Seis Sigma*”, *Air Academy* hace mención en su guía *Lean Six Sigma: A Tools Guide* (*Lean Seis Sigma: Una Guía de herramientas*) que en muchas industrias es generalmente reconocido que ambas han contribuido sustancialmente en los resultados finales, incrementando la competitividad y mejorando el servicio al cliente.

3.5 *Lean Seis Sigma*

Acorde a muchos analistas y expertos en mejoras de calidad, *Lean Seis Sigma* es la metodología más popular para el desempeño en los negocios en la historia de los desarrollos corporativos [15].

Lean Seis Sigma combina la calidad de las mejoras provenientes de *Seis Sigma* con la velocidad de las mejoras provenientes de los principios de *Lean Manufacturing* (manufactura esbelta). *Seis Sigma* es un acercamiento disciplinado, guiado por datos y metodologías para

eliminar los defectos en cualquier proceso, desde la manufactura hasta las transacciones y desde el producto al servicio. *Lean manufacturing* se centra en mejorar la velocidad del proceso y la eliminación de pérdidas fundamentalmente mediante el descarte de pasos añadidos y sin valor. *Lean* y Seis Sigma son fuertemente compatibles. Combinar estos dos procesos de mejora es como combinar dos cajas de herramientas que pueden ayudar a una organización a mejorar su calidad y eficiencia.

Las iniciativas *Lean Seis Sigma* y *Lean Flow* reciben muchos nombres, entre ellos *Lean Enterprise*, *Lean Manufacturing*, *Lean Sigma* y *Lean Service*. Estos conceptos son un complemento natural a Seis Sigma y pueden ser aplicados en cualquier tipo de negocio o proceso.

Tanto *Lean* y Seis Sigma tienen puntos en común en sus estrategias y métodos. Ambos están formados alrededor de la idea de que los negocios están compuestos por procesos para servir las necesidades de los clientes. Tienen el objetivo común de identificar y eliminar el foco productor de pérdidas y de actividades que no ofrecen ningún valor, para así crear un flujo de productividad, capacidad y rendimiento máximo.

Ambos ponen un gran énfasis en el entrenamiento para llevar a los miembros de una organización a niveles de entendimiento y habilidad elevada en los procesos y las herramientas de la metodología.

Los métodos y los datos *Lean* son utilizados para reducir costos, ciclos temporales, expandir la capacidad y mejorar la productividad. Los conceptos y el sistema *Lean Flow* identifican rápidamente las oportunidades para la mejora a través del uso de un mapeo del flujo de valores. *Lean* resalta todos los principios abarcables junto con las recomendaciones a las que se aspira para conseguir mejoras. Sin embargo, los principios *Lean* son a menudo inadecuados para resolver algunos de los problemas más complicados y que requieren de un análisis avanzado.

Puesto que Seis Sigma requiere una métrica estadística profunda para analizar la calidad en todos los niveles de la cadena de suministro, eliminar los defectos puede mejorar todos los métodos *Lean*. Seis Sigma cuando está combinado con *Lean* permite una identificación más fácil y una más pronta resolución de los problemas o cuestiones de calidad.

Lean Seis Sigma crea un mejor entendimiento en el valor de su trabajo, definiéndolo como algo por lo que su cliente va a querer pagar. *Lean* Seis Sigma ayuda a crear clientes leales llevando mejoras a las áreas más importantes para éstos. Su métrica genera objetivos claros en las necesidades de los clientes y genera creaciones reales y de valores tangibles.

Lean Seis Sigma es un acercamiento altamente sostenible que se entreteteje en la organización e involucra al personal en todos los niveles, desde el comité ejecutivo hasta la primera línea. El despliegue total de *Lean* Seis Sigma fomentará un entorno de mejoras continuas donde la norma cultural de una organización será el esfuerzo para la eliminación total de las pérdidas a través de una sucesión de pequeños eventos, orientados en la acción (kaizen) dentro de los procesos de producción.

Lean Seis Sigma cumple con su estrategia total y su éxito futuro mejorando significativamente la calidad y reduciendo pérdidas. Proporciona poder a cada empleado con nuevas formas de pensar sus procesos y ayuda a hacer mejoras drásticas en el rendimiento de la organización. *Lean* Seis Sigma crea un poderoso vínculo entre sus prioridades estratégicas y sus mejoras operativas y facilita la transformación de su negocio [16].

3.5.1 Diferencias Principales entre Seis Sigma y *Lean* Seis Sigma

Algunos autores también aseguran que *Lean* y Seis Sigma son metodologías que comparten una misma filosofía y objetivo, pero han tenido un desarrollo diferente.

Las herramientas y el enfoque también han sido diferentes, *Lean* busca, ante todo, eliminar desperdicio de los procesos y reestructurarlos para hacerlos más eficientes, rápidos y ágiles a la hora de responder a las necesidades de los clientes.

Las herramientas son más visuales y la ejecución se estructura normalmente de forma más explosiva (Eventos Kaizen).

Seis Sigma persigue también la mejora de los procesos aunque en un sentido más amplio y menos definido a priori: calidad, eficiencia, niveles de servicio.

Metodológicamente está más ordenado, y hace uso extensivo de los datos para entender el comportamiento de los procesos e identificar mejoras.

Lean Seis Sigma combina la estructura metodológica y herramientas de análisis de datos de Seis Sigma con las herramientas de proceso y principios de *Lean*.

Los papeles tradicionales de Cinturón Verde y Cinturón Negro del mundo de Seis Sigma y los de especialistas en *Lean* se combinan en un mismo líder de mejora continua, que acerca a los proyectos y los equipos las herramientas más adecuadas en cada caso.

3.6 Aplicación de *Lean* Seis Sigma utilizando la Metodología DMAIC

La metodología de procesos DMAIC de Seis Sigma es un sistema que brinda mejoras medibles y significativas a procesos existentes que caen por debajo de sus especificaciones. La metodología DMAIC puede ser usada cuando un producto o proceso existe en una compañía pero no está alcanzando las especificaciones de los clientes o de lo contrario no rinde de forma adecuada.

La fase de Definición de DMAIC vincula las prioridades principales del negocio a proyectos DMAIC específicos. El Principio de Pareto, también conocido como “regla 80/20”, funciona en todas partes, y la fase de Definición asegura que las mejores oportunidades sean atacadas y que las metas de los proyectos sean definidas apropiadamente desde el principio.

DMAIC es un acrónimo para cinco fases interconectadas:

- Definir los objetivos del proyecto y las entregas tanto para los clientes como externos.
- Medir el proceso para determinar el rendimiento actual.
- Analizar y determinar la causa(s) principal(es) de los defectos.
- Mejorar los procesos eliminando los defectos.
- Controlar el rendimiento de los procesos futuros.

Paso 1: Definir

En la fase “Definir”, el equipo de proyecto Seis Sigma identifica un proyecto para su mejora basado en objetivos empresariales y las necesidades y requerimientos del cliente. Seis Sigma se basa en “solucionar un problema con una solución desconocida”. Para desentrañar la

solución, primero debe ser definido el problema en términos medibles y concretos. El equipo identifica las características críticas para la calidad (CTQ) que tienen mayor impacto sobre ésta, separando las “pocas y vitales” de las “muchas y triviales”. Con el CTQ identificado, el equipo puede crear un mapa de procesos para ser mejorado con objetivos medibles y tangibles.

La "D" (Definir) en el proceso DMAIC se centra en la selección de proyectos de alto impacto y del entendimiento de cuál será la métrica que reflejará el éxito del proyecto. En algunos casos la métrica del proyecto será un subconjunto de métricas a niveles ejecutivos más altos. En otros casos, el equipo de liderazgo ya sabe cuáles son los casos en un CTQ que deben abordarse, y el logro de la capacidad del proceso Seis Sigma en ese CTQ sería el objetivo del equipo. El entregable de la fase Definir es una carta del equipo para ser revisada y actualizada con el equipo de liderazgo.

Paso 2: Medir

La "M" (Medir) en DMAIC se trata de documentar el proceso actual, la validación de la forma en que se mide, y la evaluación del desempeño de la base de referencia. Algunas de las herramientas importantes en esta fase incluyen gráficos de tendencias, tablas básicas de Pareto, diagramas de flujo de procesos, Gage R & R, y la medición de la capacidad de proceso.

En la fase “Medir”, el equipo empieza con la métrica adecuada. Las medidas críticas necesarias para evaluar el éxito del proyecto son identificadas y determinadas. La capacidad inicial y la estabilidad del proyecto se determinan para establecer una base para la medición.

Una métrica válida y de confianza es establecida para vigilar el progreso del proyecto durante la fase de Medir: La inversión, el proceso y los indicadores de rendimiento son identificados. Una vez que el proyecto tiene una definición clara con un juego de indicadores medibles, el proceso será estudiado para determinar los pasos clave del proceso y un plan operativo definido para medir los indicadores.

Los impactos potenciales Críticos para la calidad (CTQ) de cada inversión serán considerados con respeto a los defectos actuales generados en el proceso. Los datos de entrada clave serán priorizados para establecer una corta lista para estudiar en más detalle y para determinar las formas potenciales en las que el proyecto puede fallar.

Una vez que las razones de cada fallo en la inversión sean determinados, se pondrán en marcha planes de acción preventiva.

Paso 3: Analizar

A través de la fase “Analizar”, el equipo puede determinar las causas del problema que necesitan mejorar y cómo eliminar la zanja existente entre el rendimiento actual y el nivel deseado de éste. Ello implica descubrir por qué se generan los defectos identificando variables clave que sean la causa más probable de la variación en el proceso.

A medida que el equipo Seis Sigma avanza por la fase Analizar y subsecuentemente la fase Mejorar del proceso, descubrirá varios procesos y escenarios de mejora y determinará cual tiene el mejor impacto en el beneficio neto de la empresa. Un error común que la gente hace cuando se discute acerca de Seis Sigma es pensar que el proceso DMAIC conlleva mucho tiempo para observar mejoras. Esto está muy alejado de la verdad. A menudo se obtienen mejoras rápidas muy tempranamente en el proceso y son frecuentemente implementadas una vez el equipo ya ha llegado a la fase Analizar. Si el equipo no ha identificado aún ninguna gran mejora, ésta se consigue mediante un proceso de escrupuloso análisis acompañado de datos. Las técnicas de análisis Seis Sigma son herramientas valiosas para descubrir soluciones difíciles.

La fase de Análisis en DMAIC aísla las principales causas detrás de la métrica o CTQ que el equipo está enfrentando. En la mayoría de los casos no habrá más de tres causas que deben ser controladas con el fin de lograr el éxito, si se identifican demasiadas causas, entonces el equipo o bien no ha aislado las causas primarias o la meta del proyecto es demasiado ambiciosa como para lograr el éxito con un proyecto individual.

Siempre hay excepciones, pero la velocidad y los resultados son los ingredientes clave para la construcción de Seis Sigma dentro de una organización, y los proyectos deberán ser dimensionados para asegurar el éxito del equipo y cierre del proyecto dentro de un plazo razonable.

La fase de Análisis despliega una serie de herramientas para tomar las aportaciones del equipo y llevar a cabo experimentos objetivos para identificar o confirmar las causas principales. Las más utilizadas son:

- Diagrama de Pareto
- Diagrama de Pescado
- 5 Porqué's
- Pruebas de Hipótesis
- Análisis de Regresión
- Histogramas
- Diagramas de Dispersión
- Diagramas de Árbol
- PFMEA

No todas las herramientas son usadas en todos los proyectos. Los Cinturón Negro (Black Belt) entrenados entienden las herramientas para la mejora de procesos disponibles en cada fase y saben cuándo usarlas.

Paso 4: Mejorar

La fase “Mejorar” es la transición del proceso a la solución. Las inversiones críticas han sido verificadas y optimizadas asegurando las causas de los problemas. Una vez que las causas de los problemas han sido determinadas en la fase “Analizar”, el equipo identifica y cuantifica que pasará si las mejoras necesarias no se realizan y que pasará si se tarda mucho tiempo en llevarlas a cabo. Esto desarrolla un análisis de costo/beneficio. Muy a menudo, el proceso de experimentación simple y la simulación ofrecen al equipo grandes ganancias en este paso.

La fase de mejorar se centra en comprender plenamente las causas principales identificadas en la fase de Análisis, con la intención ya sea de controlar o eliminar dichas causas para lograr un desempeño extraordinario. El tema general de la fase de mejorar es el rediseño de procesos, y las siguientes herramientas de Seis Sigma son utilizadas comúnmente en esta fase:

- Análisis de Regresión
- Prueba de Hipótesis
- Diseño de Experimentos
- Análisis de Varianza (ANOVA)

Paso 5: Controlar

En la fase de control de DMAIC se trata de sostener los cambios realizados en la fase de mejorar para garantizar resultados duraderos. Los mejores controles son los que no requieren de monitoreo. Pero a menudo hay ajustes de procesos, procedimientos de instalación, etc., que requieren que los empleados sigan los requerimientos específicos en las operaciones diarias; estos elementos suelen ser documentados en un plan de control. En casos como este el equipo de Seis Sigma debe hacer todo lo posible para hacer a prueba de error el proceso, y luego se deben añadir los pesos y contrapesos apropiados al sistema de calidad para el largo plazo.

El éxito en la fase “Controlar” depende lo bien que el equipo lo haya hecho en las fases anteriores. Las claves son un sólido plan de vigilancia con un cambio adecuado en los métodos de administración que identifiquen los interesados.

Las lecciones aprendidas son ahora implementadas y las herramientas están puestas en su lugar para asegurar que las variables clave permanecen en un alcance adecuado a través del tiempo, para que las ganancias en el proceso de mejora se mantengan. El equipo desarrolla un proceso de no intervención, planes de reacción y materiales de entrenamiento para garantizar el rendimiento y los ahorros a largo término para el proyecto.

Documentar el proyecto es muy importante para que los nuevos procedimientos y las lecciones aprendidas se mantengan y proporcionen ejemplos concretos para la organización. En el cierre de la fase “Controlar”, la propiedad y el conocimiento se transfieren al propietario del proceso y se le encomiendan responsabilidades al equipo del proceso.

Finalmente, el equipo identifica cuales son los siguientes pasos para futuras oportunidades de procesos Seis Sigma identificando las réplicas y estandarizaciones de oportunidades y planes [17, 18].

3.6.1 Guía para el uso de DMAIC

La Metodología DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar) de Seis Sigma puede ser pensada como un mapa de ruta para la resolución de problemas y la mejora del producto / proceso.

Se debe recordar que la aplicación adecuada de las herramientas se hace más crítica para la efectividad que la corrección, y no se tiene que usar todas las herramientas todo el tiempo [19].

Tabla 3.2 Pasos y Herramientas utilizadas en DMAIC

Pasos de las Fases de DMAIC	Herramientas utilizadas
D – Fase de Definición: Definir objetivos del proyecto y los requisitos de entrega para el cliente (interno y externo).	
Definir Clientes y Requerimientos (CTQs) Desarrollar planteamiento del problema, objetivos y beneficios. Identificar al Campeón, Dueño del proceso y al equipo. Definir recursos Evaluar el apoyo organizacional clave Desarrollar el plan del proyecto y metas a alcanzar. Desarrollar el mapa del proceso de alto nivel.	Contrato del Proyecto Diagrama de Flujo del Proceso Diagrama IPO o SIPOC Análisis de los grupos de interés Definiciones de CTQ Compilación de la voz del cliente
Revisión del Pase de Salida de la etapa de Definición.	
M – Fase de Medición: Medir el proceso para determinar su desempeño actual, cuantificar el problema.	
Definir Defecto, Oportunidad, Unidades y Métricas. Mapa de proceso detallado de las áreas apropiadas. Desarrollar el plan de recolección de datos. Validar el sistema de medición. Recolectar los datos. Determinar la capacidad del proceso Referencia Detailed Process Map of Appropriate Areas	Diagrama de flujo del proceso Plan de recolección de datos Análisis del sistema de medición Compilación de la voz del cliente Evaluación comparativa Calculo del Sigma del proceso
Revisión del Pase de Salida de la etapa de Medición	
A – Fase de Análisis: Analizar y determinar las causas raíces de los defectos.	
Definir los objetivos de rendimiento Identificar pasos de valor agregado/no valor agregado Identificar las fuentes de variación	Histograma Diagrama de Pareto Time Series/Run Chart Scatter Plot Análisis de Regresión Diagrama de Causa y Efecto 5 Porqué's Revisión y análisis del mapa de proceso Análisis estadístico Prueba de hipótesis (contínua y discreta)

Revisión del pase de salida de la fase de análisis	
I – Fase de Mejora: Mejorar el proceso eliminando los defectos.	
Llevar a cabo diseño de experimentos. Desarrollar soluciones potenciales. Definir tolerancias operacionales del sistema potencial. Evaluar modos de falla de soluciones potenciales. Validar mejoras potenciales con estudios pilotos. Corregir/re-evaluar solución potencial.	Lluvia de ideas Prueba de error Diseño de experimentos QFD/Casa de la calidad FMEA Software de simulación
Revisión del pase de salida de la fase de Mejora	
C – Fase de Control: Controlar el desempeño futuro del proceso.	
Definir y validar el Sistema de control y monitoreo. Desarrollar estándares y procedimientos. Implementar Control estadístico de proceso (SPC) Determinar la capacidad del proceso Desarrollar plan de transferencia al dueño del proceso. Verificar beneficios, ahorros/prevenición, crecimiento de las ganancias. Cierre del proyecto, Finalizar documentación, comunicar a la gerencia y celebrar.	Calculo del Sigma del proceso Gráficas de control (variable y atributos= Calculo de los ahorros Plan de Control

3.6.2 Herramientas comunes durante el desarrollo de un proyecto DMAIC

A continuación se describe a grandes rasgos algunas de las herramientas más comunes utilizadas en los proyectos de mejora continua de Seis Sigma.

3.6.2.1 Diagrama IPO (Input – Process – Output)

En general, los procesos pueden definirse como una mezcla de entradas para obtener las salidas deseadas. Los diagramas de Entradas, Procesos, Salidas (IPO por sus siglas en inglés), se usan para describir las entradas y las salidas de un proceso determinado. Pueden aplicarse ya sea a procesos orientados a la producción o administrativos.

Los IPO usualmente se usan como el primer paso en el camino hacia la mejora o investigación de un proceso. Definir el proceso asegura que todos entienden y aceptan exactamente lo que es requerido para completar el proceso y lo que se va a producir.

Las entradas se definen como el requerimiento específico del proceso y usualmente se identifican revisando categorías amplias como: materiales, personas, equipo, políticas,

procedimientos, métodos, medio ambiente, etc. Los procesos usualmente tienen varias entradas en cada una de esas u otras categorías.

Generalmente, las salidas del proceso caen en una de estas 3 categorías: Realizar un servicio, producir un producto, completar una tarea. Sin embargo, cuando se describe la salida de un proceso en específico, es mejor definirlo en términos de calidad o medidas de rendimiento.

Definir un proceso nos permite determinar cuáles entradas pueden afectar las salidas indicadas por la medida de rendimiento o métrica del proceso. Este es usualmente el primer paso cuando se mejora un proceso [20].

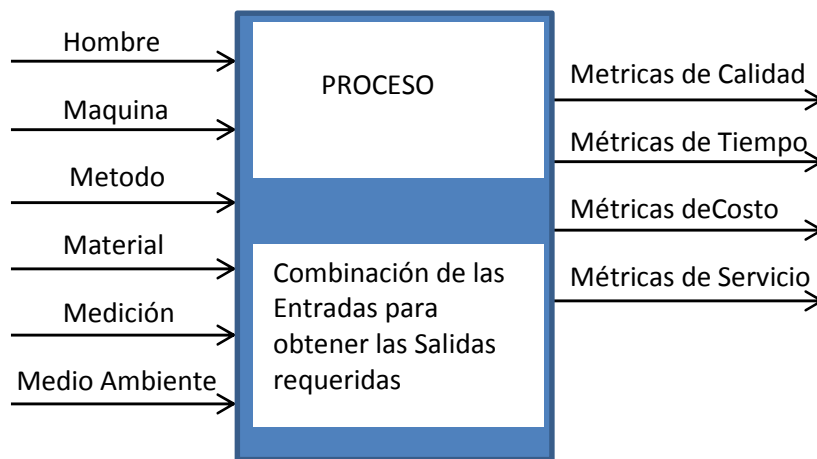


Figura 3.8 Ejemplo de componentes de un IPO

3.6.2.2 PF-CE-CNX-SOP

Esta metodología ofrece resultados a corto plazo que debería ser usada para contener la variación en cualquier proceso.

PF-CE-CNX-SOP combina Diagramas Flujo de Proceso (PF), diagramas de Causa y Efecto (CE), y se dividen los elementos del CE en 3 factores, “C, para Constante”, “N, para Noise o Ruido”, y/o “X, para Experimento” (C, N, X), y documentado en Procedimientos Estándar de Operación (SOP, por sus siglas en inglés) para cada factor “C”.

Es casi una regla, que es posible eliminar el 80% de la variación en la medición de un proceso aplicando PF/CE/CNX/SOP, sin embargo, cada elemento de esta metodología debe de completarse apropiadamente en su secuencia cronológica.

Las categorías se explican detalladamente como sigue:

C= Mantener una variable tan constante como se pueda usando SOP's.

N= Una variable de ruido, es aquella que no está siendo controlada.

X= Una variable que está involucrada en un experimento.

Se debe escribir un Procedimiento Estándar de Operación por cada variable que fue categorizada como "C" en el paso.

Sin un SOP, las reducciones en la variación no pueden mantenerse y continuará el desperdicio en el proceso. Se debe asegurar que el entrenamiento adecuado se imparta para cada SOP.

Al implementar PF/CE/CNX/SOP, el promedio del proceso inevitablemente se moverá y la variación original se verá reducida. Ambos son importantes, sin embargo lograr la reducción en la variación del proceso es generalmente más difícil, y también logra un impacto mayor [20].

3.6.2.3 Análisis del Sistema de Medición (MSA)

El MSA identifica y cuantifica las diferentes fuentes de variación que afectan un sistema de medición. La variación en las mediciones puede ser atribuida a la variación del proceso en sí, o a la variación en el sistema de medición. A la variación en el sistema de medición se le conoce generalmente como error de medición.

El error de medición tiene 2 componentes, repetibilidad y reproducibilidad.

Repetibilidad es la variación obtenida por la misma persona usando el mismo instrumento en el mismo producto o servicio durante varias mediciones. Es la variación de la combinación operador-equipo.

Reproducibilidad es la variación obtenida debido a que hay personas diferentes tomando la medición. Es la variabilidad entre operadores.

El propósito de realizar un MSA, es el de cuestionar cuanta variación está asociada con el sistema de medición y compararla con la variación total del proceso o las tolerancias del mismo.

¿Por qué validar un sistema de medición?

Los datos son una representación de nuestro proceso. Necesitamos asegurar la fiabilidad de su recogida antes de poder realizar cualquier estudio de capacidad, control estadístico de proceso (CEP), etc. Sin un sistema de medición validado, podemos llegar a conclusiones erróneas y actuar sobre el proceso de manera equivocada. Por ello, es necesario asegurarnos de que la variación registrada no es debida, al menos en su mayor parte, a los sistemas de medición utilizados [21, 22, 23].

Propiedades de los Sistemas de Medición:

Exactitud - La capacidad de un sistema de medición para producir un valor promedio de las mediciones que coincide con el valor real de la muestra que se mide.

Precisión - La capacidad de un sistema de medición para producir el mismo resultado cuando se mide repetidamente el mismo producto/servicio.

Estabilidad - La capacidad de un sistema de medición para producir el mismo valor promedio cuando se mide repetidamente el mismo producto/servicio a través del tiempo [21].

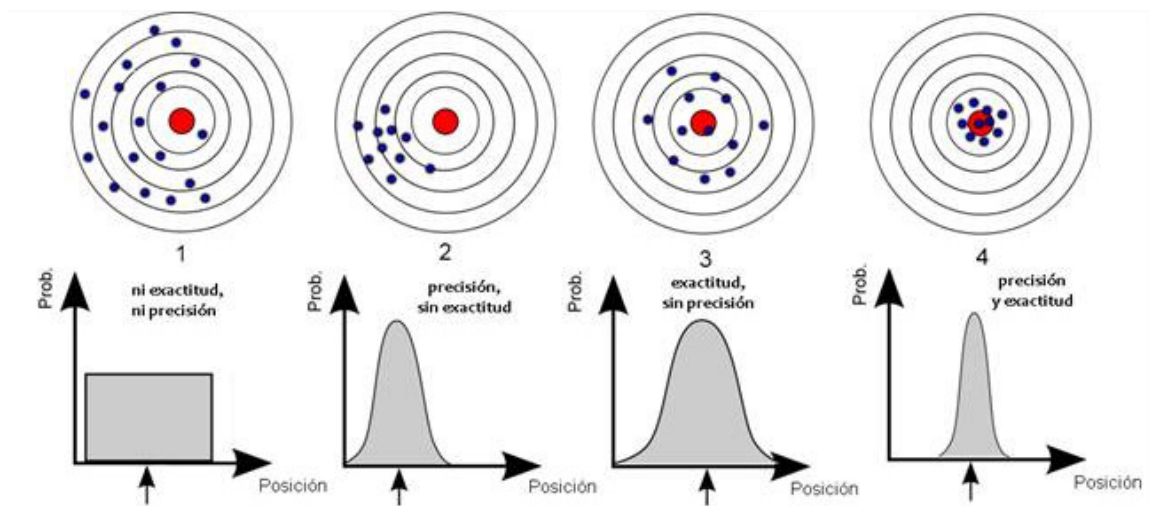


Figura 3.9 Comparación de Precisión y Exactitud en un MSA

CAPITULO 4

Desarrollo de la Metodología DMAIC

4.1 Descripción del proceso:

Aplicación de la Metodología DMAIC de Seis Sigma para mejorar el proceso de asignación de fechas de efectividad en partes compradas en Avisos de Cambios de Ingeniería (ECN, Engineering Change Notice) y así, lograr reducir el inventario inactivo, obsoleto y excedente (IOS) mensual de la planta relacionado con el rubro de ECN's.

4.2 Metodología.

La metodología que se aplica en el desarrollo de este trabajo de tesis es la referida con anterioridad en el marco teórico.

Existen varias metodologías, técnicas y herramientas para llevar a cabo la mejora continua de la calidad y la optimización de procesos y recursos en una planta de manufactura. Para llegar a la solución óptima del problema planteado y mejorar el proceso seleccionado, se utilizó la herramienta DMAIC.

DMAIC, es el enfoque de 5 pasos que componen la columna vertebral de la metodología Seis Sigma, ofrece rendimientos sostenidos a largo plazo para garantizar un ambiente libre de defectos y costos altamente competitivos en cualquier ambiente de manufactura o proceso productivo.

4.3 Fronteras del proyecto.

El proyecto se enfoca en mejorar el sistema de fechas de efectividad para la implementación de cambios de componentes electrónicos en la planta de manufactura de Tijuana y lograr reducir el gasto que se genera en la empresa referente a los inventarios inactivos, obsoletos y excedentes (IOS) en la cuenta de notificaciones de cambios en ingeniería (ECN).

4.4 Justificación de trabajar en el problema identificado.

El gasto del inventario de *IOS* de una planta de manufactura, se compone de muchas entradas; algunas de ellas desafortunadamente no pueden ser eliminadas en su totalidad. Sin embargo, se identificaron aquellas en las cuales es posible direccionar esfuerzos para trabajar en la eliminación de desperdicios y con esto, lograr obtener procesos más esbeltos. En este caso, nos referimos al proceso de *ECN* y el manejo de fechas de efectividad para el reemplazo de componentes en el listado de materiales, siendo este uno de los primeros 5 identificados como entradas principales de *IOS*.

4.4.1 Comprendiendo el IOS

El Inventario Inactivo, Obsoleto y Excedente, *IOS* por sus siglas en inglés, (I= Inactive, O=Obsoleto, S=Surplus) es uno de los enemigos silenciosos más peligrosos en la cadena de suministros y en las finanzas de una empresa. Es por eso que cada vez se hacen más y más esfuerzos para generar proyectos de mejora continua con la finalidad de aminorar el impacto que dichos inventarios tienen en una empresa.

Sus definiciones y significado son como sigue:

- Inventario Inactivo: Partes que ya no tienen pronóstico de uso.
- Inventario Obsoleto: Se refiere a partes que ya no se encuentran incorporadas en algún producto que se fabrique actualmente
- Inventario Excedente: Es cuando el número de partes excede su pronóstico de uso.

4.5 Descripción del sistema original.

El departamento de control de implementación es el encargado de asegurar que se lleve a cabo la entrada exitosa de los cambios de ingeniería planeados y propuestos por medio de un Aviso de Cambio de Ingeniería, *ECN*, (Engineering Change Notice, por sus siglas en inglés).

Una requisición de cambio, puede ser solicitada internamente o por directamente por el cliente y al generarse afectar a una o varias de las plantas de manufactura. Al llegar ésta a la planta que la ejecutará, el coordinador de implementación de *ECN*'s es el responsable de estudiar

la propuesta y reunir a todas las áreas afectadas para evaluar el *ECN* y a su vez, determinar la fecha óptima en la que dicho cambio pueda entrar en vigor.

La fecha de efectividad es la parte medular en la ejecución de un *ECN* que modifica componentes en el listado de materiales. La decisión acertada de esta fecha, es la clave de este proyecto, ya que una decisión mal tomada o sin el seguimiento apropiado puede resultar en la generación de *IOS* y pérdidas monetarias considerables para la empresa.

Cuando se trata de *ECN*'s que involucran algún cambio en la materia prima, los departamentos de compras y planeación a la par, juegan un papel fundamental en la organización para la preparación del cambio, al ser ellos quienes estudian los diferentes factores para poder determinar la fecha más exacta posible, por ejemplo, demanda actual del cliente, pronósticos de producción, tiempo de entrega del producto nuevo, entre otros.

Una vez modificados los listados de materiales o *BOM*'s (Bill of Material, por sus siglas en inglés), se establece en el sistema *SAP* la fecha en la cual el nuevo componente será efectivo en el piso de producción, es decir, cuándo podrá ser utilizado para la producción regular. *SAP* es el sistema que utiliza la empresa para llevar a cabo la planeación de los requerimientos de la manufactura, (*MRP* por sus siglas en inglés).

Este *BOM*, puede cambiarse tantas veces como sea necesario para ajustar la fecha de efectividad estimada de entrada del nuevo componente, esto debido a los factores mencionados anteriormente, como cambios en la demanda del cliente o disponibilidad del producto, por ejemplo, que pudieran retrasar o adelantar la entrada del cambio.

Sin embargo, una vez que en el sistema *SAP* un *BOM* refleja el nuevo componente y que la producción del ensamble que lo consume ya ha empezado, no es posible realizar cambios ya que el *ECN* se considera implementado en su totalidad.

Existen diferentes disposiciones utilizadas en los reportes de materiales donde se revisa el impacto del *ECN* en cuanto a ensambles o partes compradas.

A continuación en la tabla 4.1 se presenta un listado de los diferentes tipos de disposición de materiales para cambios de ingeniería, así como una breve explicación de cada uno de ellos.

Tabla 4.1 Descripción de los tipos de disposición de materiales

Disposición de Material	Interpretación
Retrabajo Obligatorio	Las piezas producidas después de la fecha de implementación deben tener el cambio incorporado. Piezas y ensambles serán retrabajados según lo que indique el <i>ECN</i> . Cualquier material viejo se desecha si no se utiliza en otros lugares.
Desecho (scrap) Obligatorio	Las piezas producidas después de la fecha de implementación deben tener el cambio incorporado. No se permite retrabajar ninguna pieza o ensamble. Cualquier material viejo se desecha si no se utiliza en otros lugares.
Consumir lo existente (phase in/use up)	Las piezas producidas después de la fecha de implementación prevista deben tener el cambio incorporado, pero el dueño del <i>ECN</i> está abierto a negociar una nueva fecha con el fin de minimizar los desechos.
Sin Impacto de Material	No hay cambio en los BOM's. No hay impacto puede significar que si la cantidad se ve reducida o si una parte se remueve de un ensamble pero se usa en otro en la misma localidad.
Obsoleto	Es un ciclo de vida usado para comunicar que una parte o ensamble está siendo discontinuados. Esta disposición es usada en conjunto con las disposiciones mencionadas anteriormente.

De los tipos de disposición mencionados en la tabla 4.1, el tipo más común de *ECN* es “consumir lo existente“, que significa, consumir todo el inventario del componente o producto anterior, antes de empezar la producción del nuevo.

Para este caso de estudio, trataremos los tipos de cambio “consumir lo existente”, debido a que son los más comunes y que representan la mayoría de las situaciones cuando se reemplazan números de parte de materia prima.

Un Diagrama de Pareto realizado por parte del departamento de materiales, mostró que las principales entradas en su reporte se debían a números de parte que se hicieron obsoletos debido a las fechas de efectividad inexactas. Ver figura 4.1

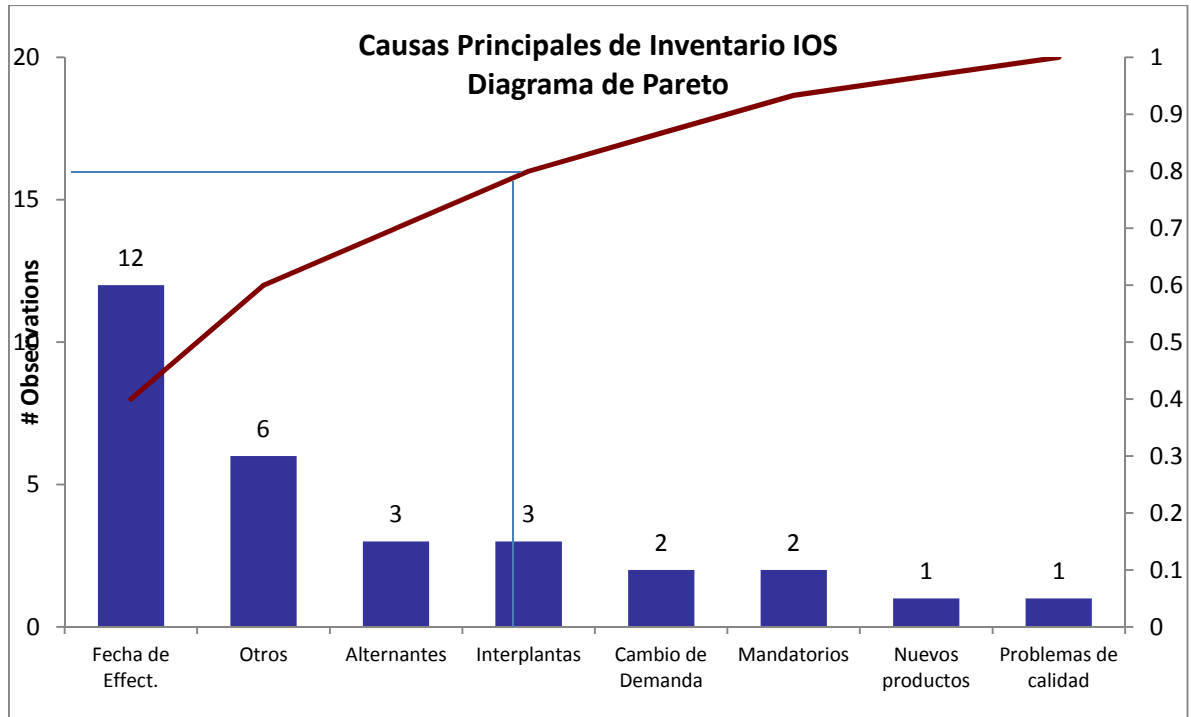


Figura 4.1 Diagrama de Pareto de las causas de IOS en el primer semestre del año fiscal 2011.

Si una fecha de efectividad no fue coordinada de cerca o hubo un fallo en la comunicación entre los departamentos durante el seguimiento en la implementación de dicho *ECN*, existe el riesgo de que el almacén se quede con material en exceso del componente viejo, y crear lo que se conoce como *IOS* en la planta de manufactura, debido a las fechas de efectividad inexactas asignadas a los *BOM*'s; cuestión que se analizará más a fondo en el transcurso de las siguientes etapas de DMAIC.

4.6 Desarrollo del Proyecto *Lean* Seis Sigma por medio de la metodología DMAIC.

Como se ha mencionado con anterioridad, se utiliza la metodología DMAIC como la base principal para la resolución de problemas preferida por los proyectos *Lean* Seis Sigma.

Durante el capítulo anterior se mostró el aspecto teórico que llevó desde la Revolución Industrial hasta el desarrollo y evolución de Seis Sigma y DMAIC, así como el sustento estadístico y los detalles que conforman la metodología. En cada fase del proyecto se muestran los pormenores de las herramientas *Lean* y estadísticas utilizadas aplicadas al problema presentado.

Se investigó en la literatura donde se describen las 5 fases de DMAIC. La mayoría coinciden en la base teórica, sin embargo, es difícil tomar un solo autor como referencia para la selección de herramientas a utilizar. Lo que en efecto, sí es común entre todos, es que coinciden en que el líder del proyecto es la persona que en base al problema a tratar, seleccionará las herramientas *Lean* y/o estadísticas adecuadas dependiendo de la situación.

Al igual que las herramientas a utilizar, los autores también hacen referencia de los requerimientos necesarios para el avance entre las fases del proyecto.

En este caso, para el cierre de cada fase, se utilizarán los requerimientos señalados por la empresa en la cual se llevó a cabo este proyecto de mejora, los mismos se utilizan de manera estándar para todos los proyectos de Green y Black Belt.

Cabe mencionar que por cada fase, es necesario publicar un resumen financiero, el que nos muestra la realidad y los beneficios o impactos económicos que pretendemos alcanzar, sin embargo, debido al carácter confidencial de la información, se ha tenido que omitir esta parte de todas las fases del proyecto, quedándonos con los datos estadísticos para señalar los cambios obtenidos.

Iniciamos el desarrollo del problema, explicando los requisitos a cumplir por cada fase.



4.6.1 Fase de Definición

En esta fase se busca cumplir con los siguientes requisitos del proyecto:

- D1. Selección del Proyecto
- D2. Contrato del proyecto
- D3. Planteamiento del problema
- D4. Objetivos del proyecto
- D5. Formación de Equipo
- D6. Desarrollo de Diagrama IPO
- D7. Definición de Métricos del Proceso

En esta fase presentaremos las herramientas que nos ayudarán a dirigir la mirada a nuestros procesos desde una perspectiva de negocios. Todo empieza con el cliente y lo que es importante para el cliente. Haremos uso de distintas herramientas para ayudarnos en la tarea de enfocarnos en las áreas prioritarias donde se encuentran las mayores oportunidades de mejora.

En otras palabras y siendo concretos: Definimos lo que es importante y lo atacamos.

Como mencionamos en el párrafo anterior, la Fase de Definición se refiere a describir los requerimientos del cliente y entender los procesos importantes afectados. Estos requerimientos críticos de calidad se denominan *CTQs* (por sus siglas en inglés: *Critical to Quality*). En este paso nos encargamos de definir quién es el cliente, así como sus requerimientos y expectativas. Además se determina el alcance del proyecto: las fronteras que delimitarán el inicio y final del proceso que se busca mejorar.

D1. Selección del Proyecto:

Para determinar si un proyecto es candidato a ser considerado DMAIC, se deben analizar las preguntas de la figura 4.2.

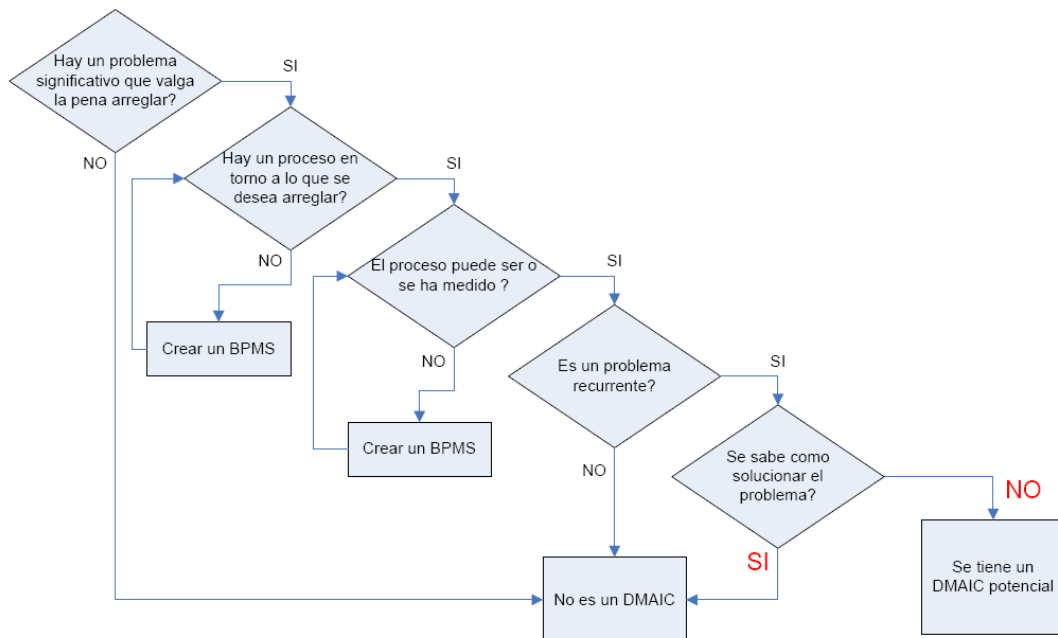


Figura 4.2 Diagrama de selección de proyectos DMAIC

Al seleccionar un proyecto potencial, una de las preguntas importantes a hacerse es: ¿Se sabe la solución al problema? De ser así, no es considerado un proyecto DMAIC y en cambio se utilizan otras herramientas de mejora continua como por ejemplo Kaizen o PDCA, a este tipo de proyectos en los que la solución es conocida, la empresa los llama “*just do it*” (solo hazlo).

En nuestro caso, sabemos que es un proyecto que representa un gasto importante para la empresa el cual debe de reducirse, sin embargo, no sabemos al momento cómo resolver el problema, y por tal motivo *Lean Seis Sigma* y DMAIC, son la filosofía y herramienta a utilizar, respectivamente.

D2.- Contrato del Proyecto.

En esta etapa se describen todos los datos iniciales, descripción, objetivos, recursos estimados, entre otros datos importantes; se hace un compromiso de fecha de entrega, tipo de beneficio y ahorros estimados.

La figura 4.3, muestra un ejemplo del tipo de formato utilizado para la realización del contrato del proyecto.

El diseño o contenido del formato dependerá plenamente de la decisión de la empresa que lleve a cabo proyectos Seis Sigma. Para este fin, se toma como referencia el formato de contrato actual usado en la empresa donde se lleva a cabo el proyecto DMAIC para certificación de *Green Belt* (cinturón verde).

Nombre del Proyecto				ID #		
Descripción del proyecto incluyendo Meta, verbo, enunciado, número, (ej. Reducir tiempo de ciclo en un 50%, etc.)						
Campeón del Proyecto Gerente del Departamento				Organización Patrocinadora MFG-TJ		
Cinturón Verde del Proyecto						
Integrantes del Equipo						
<u>Nombre</u>	<u>Organización</u>	<u>Telefono</u>	<u>% Tiempo para el proyecto</u>	<u>Nombre y Firma del Supervisor</u>		
Persona 1						
Persona 2						
Persona 3						
Persona 4						
Persona 5						
Persona 6						
Partes Interesadas						
Fecha de Programación		Fecha de Inicio		Fecha de Cierre		
Fronteras del Proceso	<u>Punto de Inicio</u>		<u>Punto de Parada</u>			
Importancia del Proceso – Necesidad de Mejora para el Negocio						
Problema						
Salida del Proceso			Entradas del proceso			
Ahorros estimados (No \$) ligados a medidas del negocio					Ahorros estimados (\$)	
Seguimiento del Proyecto						
	Definición	Medición	Análisis	Mejora	Control	Cierre
<i>Fecha</i>						
Firmas de Aprobación del Proyecto						
Rol	Campeón	Cinturón Verde	Finanzas		Oficina del Manejo del Programa	
Nombre						
Título						
Organización	MFG-TJ	MFG-TJ	MFG-TJ		MFG-TJ	
Firma						

Figura 4.3 Contrato de proyecto *Lean Seis Sigma*

D3.- Planteamiento del Problema

El gasto generado en la planta de Tijuana por causa de materiales que son desechados y cargados a la cuenta de Inventario Inactivo, Obsoleto y Excedente (*IOS*) debido a fechas de efectividad inexactas para los materiales que dejarán de usarse en los *BOM's* a causa de Cambios de Ingeniería (*ECN's*) en la empresa, se estima en aproximadamente \$700,000 dólares anuales.

D4.- Objetivo del Proyecto

Debido a metas anuales de la organización, el gerente encargado del departamento y a su vez “Campeón” del proyecto, estableció que se requiere lograr una reducción del 12% en el gasto de *IOS* por concepto de *ECN*, y así, contribuir en lograr las metas financieras de la corporación del año fiscal en curso.

Haciendo una revisión profunda de los datos disponibles, no es posible llevar una métrica principal en porcentaje dado que ésta se dará en números discretos. Todos los números de parte son diferentes y tienen costos distintos. Las diferencias en costo varían desde de unos cuantos centavos de dólar americano hasta varios dólares por una sola pieza de material. Es por esto, que el 12% que nos pide la alta gerencia, tiene que modificarse de tal manera que sea traducida a otro tipo de beneficios.

Por lo que ese 12% no forma parte de la métrica principal sino de la consecencial y de lo que se espera ver reducido el *IOS* general haciendo mejoras al apartado de *ECN's*.

Siendo nuestro nuevo objetivo, definido a partir de la fase de Medición el lograr reducir la entrada promedio mensual de partes compradas en el reporte de *IOS* de 8.1 (según lo observado en datos históricos) a 7.1 partes por mes.

D5.- Equipo identificado y formado

Para todo proyecto DMAIC, es necesario formar un equipo multidisciplinario. Se requirió la participación de personas expertas en las distintas áreas que participan activamente en el proceso de la cadena de suministro y el proceso de control de cambios en la planta de Tijuana, así como un experto en la materia, mentor (los mentores siempre son *black belt*) y por supuesto

el campeón del equipo quien es la persona que guiará al líder del proyecto en el transcurso del desarrollo de este proceso.

Una vez establecido el equipo, lo ideal es llevar a cabo juntas recurrentes entre líder y participantes, si es necesario de vez en cuando participará el Experto, quien es la persona que se determinó es la que mejor tiene conocimiento del área donde se llevará a cabo la investigación y el desarrollo del proyecto DMAIC.

El equipo decidió tener juntas semanales debido a la carga de trabajo elevada de todos los integrantes. La primera sesión, se utilizó para explicar el proyecto y objetivos además de hacer el ejercicio de la creación del diagrama *IPO*, Entrada-Proceso-Salida.

En la figura 4.4 se muestra el formato utilizado para la selección de los participantes en un proyecto de *Green o Black Belt*.

Planta de Manufactura de Tijuana
Proyectos de Reducción de Costos
Matriz de Participación de Empleados

Rol	
1	Lider de Proyecto
2	Analista Financiero
3	Experto
4	Miembros de Equipo

Nombre del Proyecto: Reducir gasto de IOS mejorando las fechas de efectividad de los ECN's.

Nombre del Empleado	Area	Rol
JACOBO GOMEZ, DIANA ALICIA	Ingeniería	1
Empleado 1	Finanzas	2
Empleado 2	Lean Mfg	3
Empleado 3	Inventarios	4
Empleado 4	Planeación	4
Empleado 5	Compras	4
Empleado 6	ECN Coord	4

Figura 4.4 Formato para la selección de miembros de equipo en proyectos *Lean Seis Sigma*

D6.- Desarrollo de Diagrama *IPO*

El Diagrama *IPO* describe todos los elementos del proceso para asignar fechas de efectividad en un *ECN*.

En la entrada del proceso, listamos aquellos elementos que creemos tienen relación directa con el comportamiento del mismo y que durante el desarrollo del proyecto, usando la metodología DMAIC, podrían ser piezas de estudio fundamentales para la mejora del sistema.

En la salida del Diagrama se obtienen los resultados de aquello que fue procesado en nuestro sistema, se definen los métricos del proceso, aquellos que son críticos para el cliente (CTC), críticos para la calidad (CTQ) y/o críticos para el negocio (CTB), estos deben de ser medibles.

Podemos tener métricas primarias, secundarias y consecuenciales. La métrica consecencial es aquella que se desea no sea afectada negativamente al tratar de mejorar las métricas primarias. Mide pues, las consecuencias del proceso que está siendo mejorado.

La primera junta del equipo tuvo como resultado la creación del diagrama *IPO* representado en la Figura 4.5

En este *IPO* se puede apreciar lo que el equipo consideró eran las entradas fundamentales que alimentan al proceso de *ECN's* y las fechas de efectividad del *BOM*. También es visible, que en la salida del proceso contamos con nuestras métricas elegidas las cuales nos ayudarán a monitorear los resultados del proceso y si éste afecta el *IOS* de la empresa.

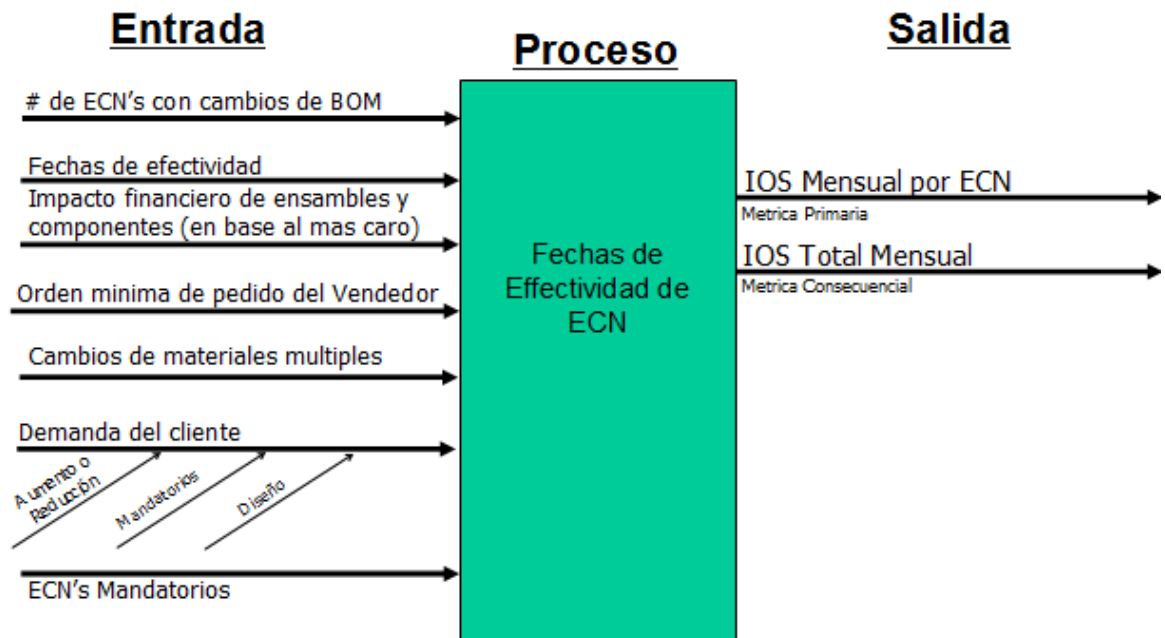


Figura 4.5 Diagrama IPO realizado en la etapa de Definición

D7.- Métricos del Proceso

Acorde a Seis Sigma, la métrica primaria es la fuente más importante para medir el éxito en un proyecto. La métrica puede ser definida por el *Black Belt*, *Green Belt* o el Campeón del equipo.

Algunas características que debe cumplir la métrica principal son:

- Estar ligada al planteamiento del problema
- Debe ser medible
- Estar alineada a los objetivos del negocio
- Seguirse con una frecuencia apropiada (hora, día, semana, mes, etc)
- Debe expresarse gráficamente conforme transcurra el tiempo con gráficas de comportamiento o series de tiempo, o bien gráficas de control.
- Las métricas primarias deben estar validadas con un análisis del sistema de medición (MSA).

Las métricas consecuenciales son aquellas que miden lo que no se quiere sacrificar durante el trayecto de la mejora en la métrica primaria. Nos mantiene honestos durante el proceso y nos hace asegurarnos que el problema no solo cambia de forma o de lugar.

En la etapa de definición, se deben determinar cuáles son las salidas medibles con las que se calificará la mejora y la eficiencia de las mejoras implantadas al proceso, es deseable que esta información se obtenga de fuentes ya conocidas. En este caso no existían métricas previas por lo que se estudió toda la información disponible y en base a ella, se determinaron las métricas finales, siendo:

Para el desarrollo de este proyecto de *Lean Seis Sigma*, las métricas seleccionadas son las siguientes:

Métrica Principal:

Número de líneas nuevas (números de parte) que entran a la categoría de *IOS* de forma mensual por concepto de *ECN*.

¿Por qué elegimos esta métrica?

La única manera de saber si hubo fallos en las fechas de implementación y por ende, el material terminó como inventario obsoleto, es el reporte de *IOS* donde a través de la interface del sistema *ERP (Enterprise Resource Planning)* de la empresa, *SAP*, se transfiere a Excel la información acerca de la cantidad de números de parte que entran al reporte de *IOS*.

Entonces después de que el coordinador realiza la investigación respectiva de cada número, él determina las distintas causas raíces del número entrante, y si fue o no un *ECN* y su fallida implementación la causa del problema.

La figura 4.6 muestra un extracto del reporte, para ilustrar la fuente de información de la métrica principal.

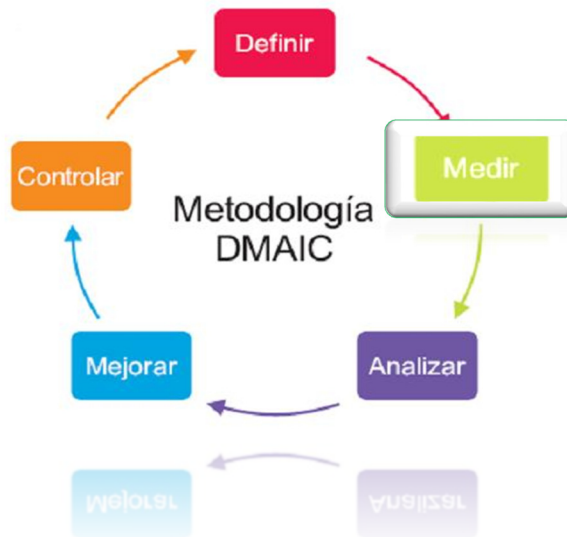
Product	Plant	PG	Material	Description	IOS Type	New IOS Type	Legal Vali	Root Cau	Category
ASD	MTJ	051	283008-001	BRACKET,AMP,6000	NO DEMAND	NO DEMAND	4,251.30	ECN 49133	OBSOLETE
PL-NA	MTJ	223	188454-103	CAP,0603,C0G,25V,10nF,5%	NO DEMAND	NO DEMAND	20.57	ECN	OBSOLETE
ASD	MTJ	190	323687-0010	CARTON,HSC,26.38X19.63X13.	NO DEMAND	NO DEMAND	4,521.89	ECN	NO DEMAND
HED	MTJ	179	325887-0010	CLICKPAD CAP SENSE	NO DEMAND	NO DEMAND	1.74	ECN	WORK OFF
ASD	MTJ	051	180163-002	CONE, 10,WITH FANG HOLES	NO DEMAND	NO DEMAND	17.24	ECN	OBSOLETE
ASD	MTJ	051	311964-001	COVER,PINTA	NO DEMAND	NO DEMAND	751.41	ECN	OBSOLETE
ASD	MTJ	223	309146-002	IC, TEMP SENSOR, MCP9800	NO DEMAND	NO DEMAND	185.89	ECN	OBSOLETE
HED	MTJ	048	288578-002	IC,DAC,24-BIT,192KHZ,8CH,WM	NO DEMAND	NO DEMAND	1,585.97	ECN	NO DEMAND

Figura 4.6 Extracto del reporte de IOS de la empresa

Dados estos hechos, el número de líneas o partes entrantes al reporte, es la única ventana de información confiable que nos muestra el comportamiento del proceso que queremos mejorar. Monitoreando y midiendo los resultados de este reporte, tendremos la información deseada a lo largo del proyecto.

Métrica Consecuencial:

El costo del *IOS* total mensual de la planta, se ha seleccionado como métrica consecuencial y nos dará un claro indicio si el costo aumenta o disminuye como consecuencia de la implementación de mejoras durante el proceso.



4.6.2 Fase de Medición

La fase de Medición se comprende de los siguientes requerimientos:

M1.- Diagrama de Flujo o Mapa de la Cadena de Valor del Proceso Actual

M2.- Análisis del sistema de medición MSA

M3.- Recolección de datos para Métrica Principal

Referencia

Meta

M1.- Diagrama de Flujo de Proceso

Para crear el diagrama de flujo del proceso (figura 4.7), el equipo se dio a la tarea de paso a paso describir el flujo de un *ECN* del proceso actual, donde se desglosa únicamente el proceso de cambios de ingeniería para listados de materiales (BOM) y la manera genérica en que algunas de las tareas correspondientes al proceso son llevadas a cabo por sus participantes.

En esta figura es fácil detectar que no existe un sistema estándar por departamentos en los que indique la actividad específica de cada persona involucrada en el proceso de asignación de fechas, fue claro durante el ejercicio que los participantes desconocían partes esenciales del proceso de *ECN*'s, por lo que se pensó que un entrenamiento detallado debía considerarse como una acción a tomar durante la fase de mejora.

M2.- Análisis del Sistema de Medición (*MSA*, por sus siglas en inglés)

Un *MSA* ayuda a cuantificar si la variación observada se debe al sistema de medición; a su vez, también da una idea de lo que puede estar causando la variación del sistema de medición.

La confiabilidad de los datos es indispensable para que los resultados arrojados por las métricas del proyecto muestren la realidad de lo que se está midiendo y que si hay variaciones, no sean relacionadas al sistema de medición sino a causas ajenas al mismo.

Reducir la variación del sistema de medición es frecuentemente la mejor oportunidad de reducir la variación de nuestro proceso.

Es posible realizar estudios *MSA* para datos continuos y por atributos. Los requerimientos para cada estudio son diferentes. En este caso, debido al tipo de datos recolectados para la métrica principal en donde se manejan número de partes que ingresan al reporte de *IOS*, el *MSA* está dirigido a datos por atributos.

Cabe resaltar que se deben tener algunas consideraciones clave a la hora de realizar un estudio, estas son:

- a) Estar presente durante la medición y/o recolección de datos, ya que los miembros del equipo pueden no entender el rigor requerido.
- b) Crear una hoja de registro con la secuencia aleatoria de las mediciones a tomar.
- c) Para el análisis del sistema de medición *MSA* para datos por atributos el cálculo del mínimo a evaluar se realiza de la siguiente manera:

$$(\text{número de evaluadores}) \times (\text{número de partes o transacciones}) \geq 60$$

La tabla 4.1 muestra el estudio de *MSA* por atributos realizado entre las distintas personas del departamento de control de cambios que acceden al reporte de *IOS*, y a quienes se les pidió que de entre un grupo de 73 números (el mínimo es 60 para *MSA* por atributo) de parte realizaran la evaluación correspondiente.

Estos números fueron previamente identificados y validados por el líder del proyecto y fueron tomados de los datos históricos dependiendo de la categoría del *IOS* a la que pertenecen.

El objetivo es que los evaluadores seleccionen cuáles números son caso de estudio de este proyecto, es decir, aquellos que están categorizados como obsolescencia por causa de *ECN*.

Detalles del Estudio:

Tabla 4.2 Datos para realizar el estudio MSA

Datos del Estudio	Número de Datos
Evaluadores	3
Estudios por evaluador	3
Números a evaluar por estudio	73

Para poder determinar la información del reporte de *IOS* que utilizaríamos para alimentar la métrica principal, es necesario desarrollar un sistema de medición y medir su eficacia. Este sistema se crea basado en las diferentes situaciones o categorías por las que se puede considerar que un número de parte formará parte de nuestra métrica, al determinarse *IOS* por *ECN*.

Después de creadas las categorías, los evaluadores tomaron un entrenamiento, explicándoseles como sería la manera de trabajar para analizar y seleccionar o rechazar los datos de la métrica. Como líder del estudio, estuve presente durante el mismo.

En la figura 4.8 se puede apreciar el resultado de los 3 estudios, que se conforman de lo siguiente:

- 1.- El listado numérico progresivo de los 73 números a evaluar
- 2.- Los datos de referencia para comparar los resultados del estudio.
- 3.- Los 3 estudios de cada evaluador

MSA Data Template

Date: 08/16/2011
 Part Type: IOS REPORT
 USL:
 LSL:

For Attribute data enter A for Accept and R for Reject
 Description:
 Criteria for acceptance or rejects
 ECN's categories on IOS weekly report.

Part #	Reference	ALBERTO			PERSONA 1			PERSONA 2			PERSONA 3		
		Rep 1	Rep 2	Rep 3	Rep 1	Rep 2	Rep 3	Rep 1	Rep 2	Rep 3	Rep 1	Rep 2	Rep 3
1	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
2	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
3	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
4	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
5	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
6	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
7	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
8	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
9	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
10	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
11	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
12	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
13	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
14	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
15	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
16	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
17	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
18	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
19	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
20	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
21	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
22	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
23	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
24	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
25	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
26	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
27	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
28	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
29	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
30	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
31	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
32	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
33	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
34	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
35	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
36	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
37	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
38	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
39	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
40	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
41	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
42	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
43	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
44	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
45	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
46	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
47	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
48	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
49	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
50	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
51	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
52	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
53	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
54	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
55	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
56	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
57	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
58	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
59	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
60	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
61	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
62	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
63	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
64	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
65	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
66	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
67	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
68	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
69	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
70	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
71	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
72	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
73	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R

Figura 4.8 Tabla de resultados del estudio MSA por cada evaluador

Un Estudio *MSA* se conforma de los siguientes elementos para su evaluación.

Capacidad de Inspección:

Para comprender los resultados del *MSA*, a continuación se explican a detalle los criterios de aceptación y rechazo, donde:

Efectividad (E) Es la habilidad de un evaluador o todos los evaluadores de distinguir entre partes o transacciones buenas (aceptado) y malas (rechazado).

$$E = \frac{\text{Número de transacciones identificadas correctamente}}{\text{Número total de oportunidades de ser correcto}}$$

Probabilidad de Falsos Rechazos (FR) Es la posibilidad de clasificar una parte o transacción buena como mala.

$$P(FR) = \frac{\text{Número de veces que las partes buenas se califican como malas}}{\text{Número total de oportunidades de calificar buenas partes}}$$

Probabilidad de Falsa Aceptación (FA) Es la posibilidad de aceptar una parte o transacción mala como buena.

$$P(FA) = \frac{\text{Número de veces que las partes malas se aceptan como buenas}}{\text{Número total de oportunidades de calificar malas partes}}$$

Bias (B) Es una medida de la tendencia de un individuo a falsamente clasificar una parte o transacción como buena o mala. También se conoce como parcialidad.

$$B = \frac{P(FR)}{P(FA)} \begin{cases} B = 1 & \text{No hay parcialidad (ejemplo, ambos errores son igualmente probables)} \\ B > 1 & \text{Tendencia a calificar partes buenas como malas} \\ B < 1 & \text{Tendencia a calificar partes malas como buenas} \end{cases}$$

La tabla 4.3 describe los parámetros de aceptación y rechazo y con ellos se determina la manera de interpretar el resultado que arroja el reporte del programa SPC XL después de que se lleva a cabo el estudio de *MSA*.

Tabla 4.3 Directrices de Evaluación de la Capacidad de Inspección

Parámetro	Aceptable	Marginal	Inaceptable
E	≥ 0.90	0.8 – 0.9	< 0.8
P(FR)	≤ 0.05	0.05 – 0.10	> 0.10
P(FA)	≤ 0.02	0.05 – 0.05	> 0.05
B	0.8 – 1.2	0.05 – 0.08 ó 1.2 – 1.5	< 0.5 o > 1.5

El Análisis por atributos del *MSA* demostró que nuestro sistema de medición es efectivo acorde los resultados siguientes:

$$E = 0.998 \geq 0.9$$

$$P(\text{FR}) = 0.007$$

$$P(\text{FA}) = 0$$

$$\text{Bias} = \text{N/A}$$

Estos resultados también pueden apreciarse en la figura 4.9, extraída del programa SPC XL, el software elegido por la empresa y utilizado para las operaciones estadísticas de Seis Sigma.

Attribute MSA Analysis

Number and Type Mistake By Operator						
		OP 1	OP 2	OP 3	Total	
Truth	A	0	0	1	1	<-reject falsely
	R	0	0	0	0	<-accept falsely

Inspection Capability				
	OP 1	OP 2	OP 3	Total
Effectiveness	1	1	0.995434	0.998478
P(FR)	0	0	0.022222	0.007407
P(FA)	0	0	0	0
Bias	NA	NA	NA	NA

Figura 4.9 Resultados del estudio MSA arrojados por el software SPC XL

Como resumen, se puede decir que no se aceptó falsamente ningún número de parte, por lo que el riesgo de que la información que entre a nuestra métrica sea errónea es casi nulo, aunque, se tiene el riesgo de excluir información importante, al rechazar falsamente un número en el listado.

Al obtener una efectividad del 99.84% como resultado del análisis por atributo de nuestro sistema de medición, se puede considerar que el estudio es exitoso y la medición para la selección de los datos es adecuada.

M3.- Recolección datos para Métrica Principal

- Referencia
- Meta
- Tendencia

La mayoría de los proyectos de mejora se rigen por comparación del antes y el después mediante el uso de la información recolectada, ya que esa información es la herramienta valiosa que nos permite ver el estado pasado, el presente y con el uso de las herramientas de *Lean Seis Sigma*, ayudar a predecir el comportamiento futuro; y al realizar una comparación de ambos, darnos a conocer si hemos tomado las decisiones correctas o debemos re-direccionar nuestros esfuerzos.

Es importante remarcar que la métrica es de nueva creación, y aunque los datos se encuentran disponibles para su uso, no es amigable la presentación de los mismos y se debe recurrir a la aplicación de varios filtros para lograr obtener los datos tal y como los necesitamos, basados en el método elegido de recolección de datos, mismo que fue demostrado ser eficiente según el estudio *MSA* realizado.

Una gráfica de control nos ayudará a observar el comportamiento del proceso, sabremos si se encuentra fuera de control o inestable, así como la variación del mismo. Si un proceso se encuentra fuera de control, necesita investigarse y ser estabilizado antes de poderse mejorar.

Gráficas de control para datos Discretos o por Atributos.

Existen varias gráficas de control para datos por atributos, y se seleccionan dependiendo del tipo de distribución, Binomial o Poisson.

Las gráficas por atributo contabilizan el número de unidades defectuosas o el número de defectos. Si se caracteriza una unidad como defectuosa o no defectuosa, es decir, dependiendo de la situación podría ser una u otra, entonces se usa la distribución binomial. Para estos casos se puede considerar las gráficas np y p.

En cambio, si lo que nos interesa es contar un número de ocurrencias por intervalo (o área de observación), entonces utilizamos la distribución Poisson como la base para nuestra gráfica. Las gráficas c y u, aplican para este tipo de distribución.

Se puede hacer uso de diagramas de flujo sencillos para apoyarse en la selección de la gráfica de control adecuada.

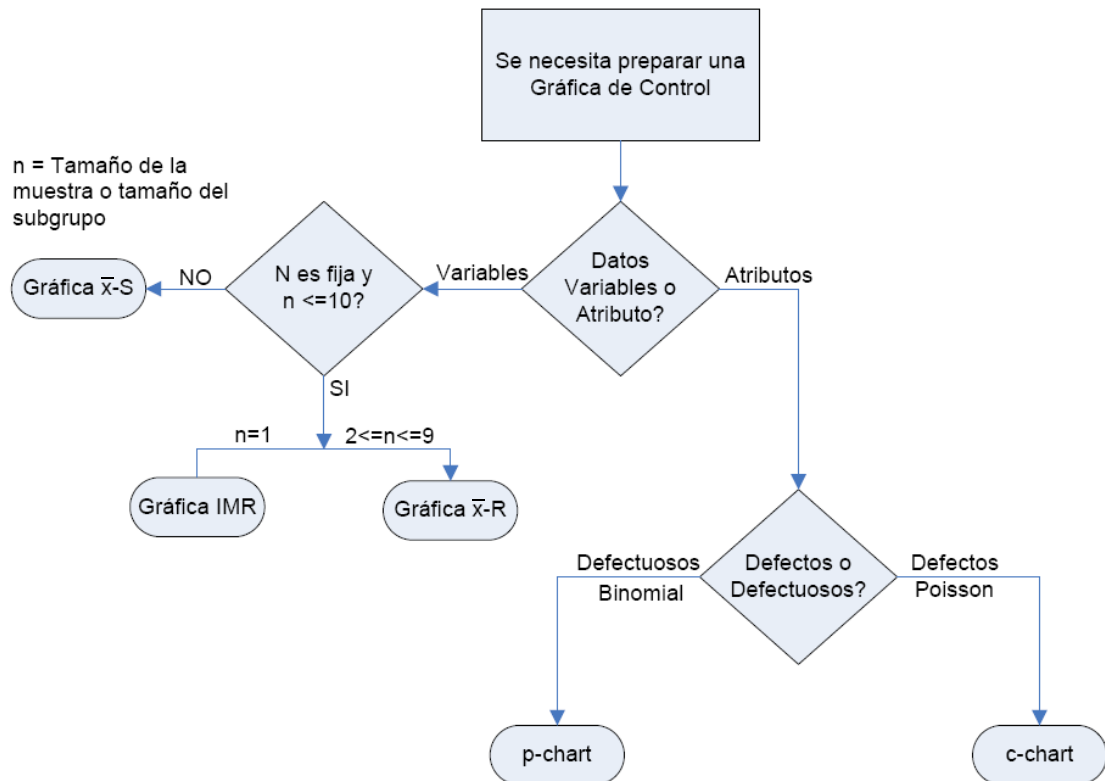


Figura 4.10 Diagrama de flujo para la selección de una gráfica de control

El uso de la Gráfica c.

Los Gráficos c tienen varias aplicaciones, una de ellas es el de medir el número de defectos por unidad de inspección, o dicho de otra manera, para analizar los resultados de las mejoras al proceso que se alimenta de datos por atributos. Es decir, se puede analizar cómo se comporta el proceso y ver cómo era en el pasado para comparar si se ha reducido el número de unidades no conformantes.

En este proceso nos interesa medir la cantidad de números de parte que han entrado al reporte de IOS por categoría de *ECN* por mes, los cuales pueden ser considerados el número de defectos del proceso y por esta razón, se ha seleccionado la Gráfica c como la indicada para monitorear nuestros datos.

La gráfica c también puede usarse para la estandarización. Esto significa que se continúan recolectando y analizando los datos del proceso. Si se hacen cambios al proceso y luego se dejan de recolectar datos, entonces se tendría la percepción y opinión de que los cambios realmente mejoraron el proceso. Sin una gráfica de control, no hay manera de saber si el proceso ha cambiado o identificar las fuentes de la variabilidad del proceso.

Se recolectó información histórica que sirvió para medir el comportamiento del proceso. En base al 12% de porcentaje de mejora deseada, se calculó el número que será usado para monitorear la métrica principal.

Por lo anterior, y como se explicó en el Objetivo del proyecto, la nueva meta es reducir de 8.1 a 7.1 números de parte en el reporte de IOS.

En las figuras 4.11 y 4.12 observamos la representación de las métricas del proceso en gráfica de barras y en gráfica de control c.

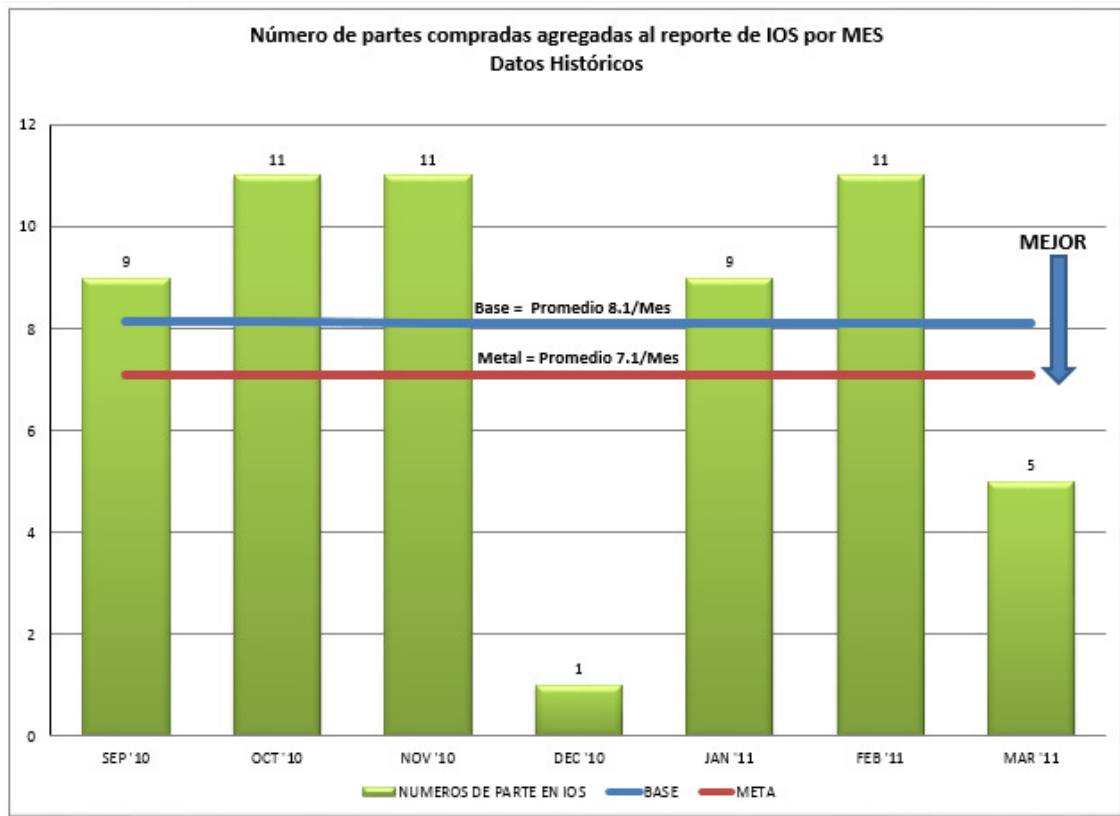
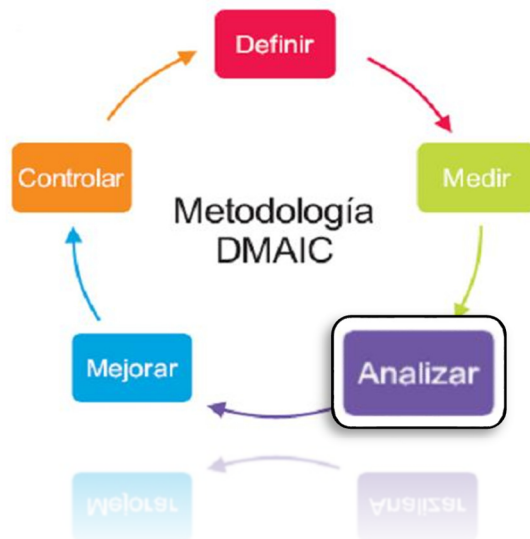


Figura 4.11 Métrica Principal – Con Número de Referencia y Meta



Figura 4.12 – Datos Graficados con el uso de la Gráfica de Control c



4.6.3 Fase de Análisis

Para la fase de análisis, es necesario contar con los requisitos siguientes:

A1.- Datos analizados

A2.- Causa raíz de los problemas, entendidos y cuantificados

A3.- Diagrama Causa-Efecto/CNX (CE/CNX)

A4.- Métrica principal

A1.- Análisis de datos.

El análisis se hizo con información referente a datos extraídos de los reportes de *IOS* que se encuentran en la base de datos del departamento de materiales.

Estos reportes son extraídos semanalmente y filtrados conforme a las categorías de *ECN* previamente asignadas y validadas en prueba de *MSA*.

Durante la fase anterior, uno de los requisitos era la validación del sistema de medición, pero al tratar de desarrollar el mejor método para el *MSA*, nos percatamos que no existía un estándar en cuanto a qué tipo de casos se seleccionarían como número de parte comprada que entraba al reporte de *IOS*.

Al no haber control de los datos de entrada, prácticamente cualquier tipo de número de parte que ingresara al reporte podía o no considerarse como incidencia de *ECN*. Esto podría nublar significativamente la visión de la empresa en cuanto a los procesos que necesitan atacarse para la mejora del *IOS* e incluso, dirigir los esfuerzos por el camino equivocado.

Por lo anterior, desarrollamos un sistema estándar para la selección de los datos que ingresarían al reporte bajo la categoría de *ECN* con problemas de fecha de efectividad.

Este sistema nuevo, no forma parte de la causa raíz de los problemas, sin embargo, ayuda a confiar en que los datos de entrada para el seguimiento de la métrica principal son los adecuados. Se modificó el procedimiento del departamento de materiales en la sección de *IOS*, para agregar los métodos de clasificación de datos dentro del reporte de *IOS*.

En la tabla 4.3 podemos apreciar las categorías de *IOS* creadas, las cuales son la base para la nueva selección para identificar material como causa principal un *ECN* al alimentar el reporte de *IOS*.

Tabla 4.4 Categorías de Selección de Materiales para Reporte de IOS

Categorías de ECN para IOS	
ECN-espacio en blanco	Se usará cuando se tiene certeza que el cambio es por ECN, sin embargo el coordinador de IOS no puede localizar el número bajo investigación. Se llamará al coordinador de ECN para efectuar dicha investigación y agregarlo a la causa raíz en el reporte.
ECN-XXXXX	El número de ECN se agregará cuando esté disponible para tomarse como referencia después de efectuada la investigación.
ECN-Desviación TJXXXXXX	Esta categoría surge cuando el inventario fue generado por un documento de desviación, que luego fue identificado ser permanente por medio de un ECN.
XXXXX(número de planta)-CAMBIO	Se usará para denotar que otras plantas hermanas han procesado ECN's. resultado afectada la planta de Tijuana con material en IOS por la creación de esos ECN's.
NPI-ECN	El material identificado en esta categoría, se ha creado por remanentes causados por corridas prototipo del departamento de Nuevos productos.

A2.- Causa Raíz

Después del uso de algunas herramientas, como lluvia de ideas y diagrama de causa-efecto, los cuales mostraremos más adelante, se llegó a la conclusión que la causa raíz de nuestro problema radica en la falta de un método estándar para el seguimiento de fechas de efectividad con el departamento de compras.

Los cambios en la demanda del producto por parte de los clientes, considerado como ruido debido al poco o nulo efecto que podemos ejercer ante este tema, afectan las fechas asignadas con anterioridad, por lo que la búsqueda del mejor método para dar seguimiento a los cambios es indispensable, en donde existan procedimientos estandarizados en cuanto a la comunicación, sistemas de búsqueda de información y seguimiento sistematizado.

Algunos de los factores a considerar para mejorar durante el proyecto son:

- a) Los métodos de comunicación entre departamentos de compras y planeación deben mejorarse, la información no fluyen claramente y se requiere sentar las bases del inicio de la información.
- b) Falta de entrenamiento para seleccionar correctamente los productos que entran al *IOS* causado por *ECN*'s.
- c) No existen categorías de los tipos de *IOS* que entran a la métrica elegida.
- d) Los reportes existentes no dan un correcto indicio de los cambios por *ECN* ni las partes afectadas.
- e) Falta de entendimiento de las áreas del impacto que ejercen los cambios.

A3.- Causa-Efecto / Constante-Ruido-Experimento (CE/CNX)

Como parte de las herramientas de *Lean Seis Sigma*, el formato *CE-CNX* en conjunto con una sesión de lluvia de ideas, ayuda a identificar las variables principales de problemas principales que sufre nuestro proceso.

Una vez planteadas en el diagrama, se asignan las categorías de *CNX*, que se definen como:

C – Constante (constant)

N – Ruido (noise)

X – Experimento (experiment)

Terminada la actividad de lluvia de ideas, el equipo identificó todas aquellas situaciones en las que se consideran que se tiene un Procedimiento Estándar de Operación o SOP (Standard Operating Procedure) y que solo hay que ajustarlo o adaptarlo a la situación deseada, a ésta clasificación se le asigna la letra “C”.

A las causas que de antemano se sabe no pueden ser controladas, se les asigna la letra “N”, y quedan fuera del caso de estudio, ya que trabajar en ellas requiere un esfuerzo mucho mayor y sería objeto de otro proyecto por separado.

Por último, las variables en las cuales se creyó que se podía ejercer un cambio positivo en nuestro proceso si se estudian y se trabaja en ellas, se les asigna la letra “X”.

En conjunto, todas estas variables forman parte del diagrama de Causa y Efecto, y se utilizarán las clasificaciones “C” y “X” para el estudio del proceso y la toma de decisiones para la mejora del mismo. Ver diagrama CNX en la figura 4.13.

		Formato CNX										
		C	C	C	C	C	C					
		N	N	N	N	N	N					
		X Medición	X Método	X Maquinaria	X Mano de obra	X Materia Prima	X Medio Ambiente					
Variable 1	N	Validación del sistema/comunicación al cargar demanda	X	Poco entendimiento acerca del proceso de ECN	X	Herramientas Limitadas en el sistema	X	No hay buen entendimiento acerca del cambio	N	Los ECN's Rápidos no tienen hoja de impacto de mat.	N	Cambios que vienen ligados con desviaciones
Variable 2	N	Reportes no dan la demanda real de ensambles vs componentes	C	impacto de materiales de ECN's con componentes múltiples.	X	No hay reportes que listen los cambios a entrar	X	Mala comunicación compras-planeación	N	El Proceso de Nuevos Productos afecta la compra de materiales	N	Cambios de demanda
Variable 3			X	Falta de Entrenamiento de ECN's			X	Falta de seguimiento a fechas de efectividad			N	Retrasos en aduanas
Variable 4			X	Diferentes criterios para dar fechas de efect. (planeador y							N	Cambios de demanda en plantas hermanas
Variable 5			C	No hay metodo estandar para revisar la fecha de efectividad								
Variable 6			X	Falta de comunicación, coordinación entre el mismo departamento.								
Variable 7			X	Inasistencias a las juntas de ECN para dar actualizaciones.								
Variable 12												

Figura 4.13 Tabla de Variables de Formato CNX (Constante-Ruido-Experimento)

Mediante el uso del software SPC XL, la tabla CNX se representa rápidamente como un diagrama Causa-Efecto, mostrado en la figura 4.14.

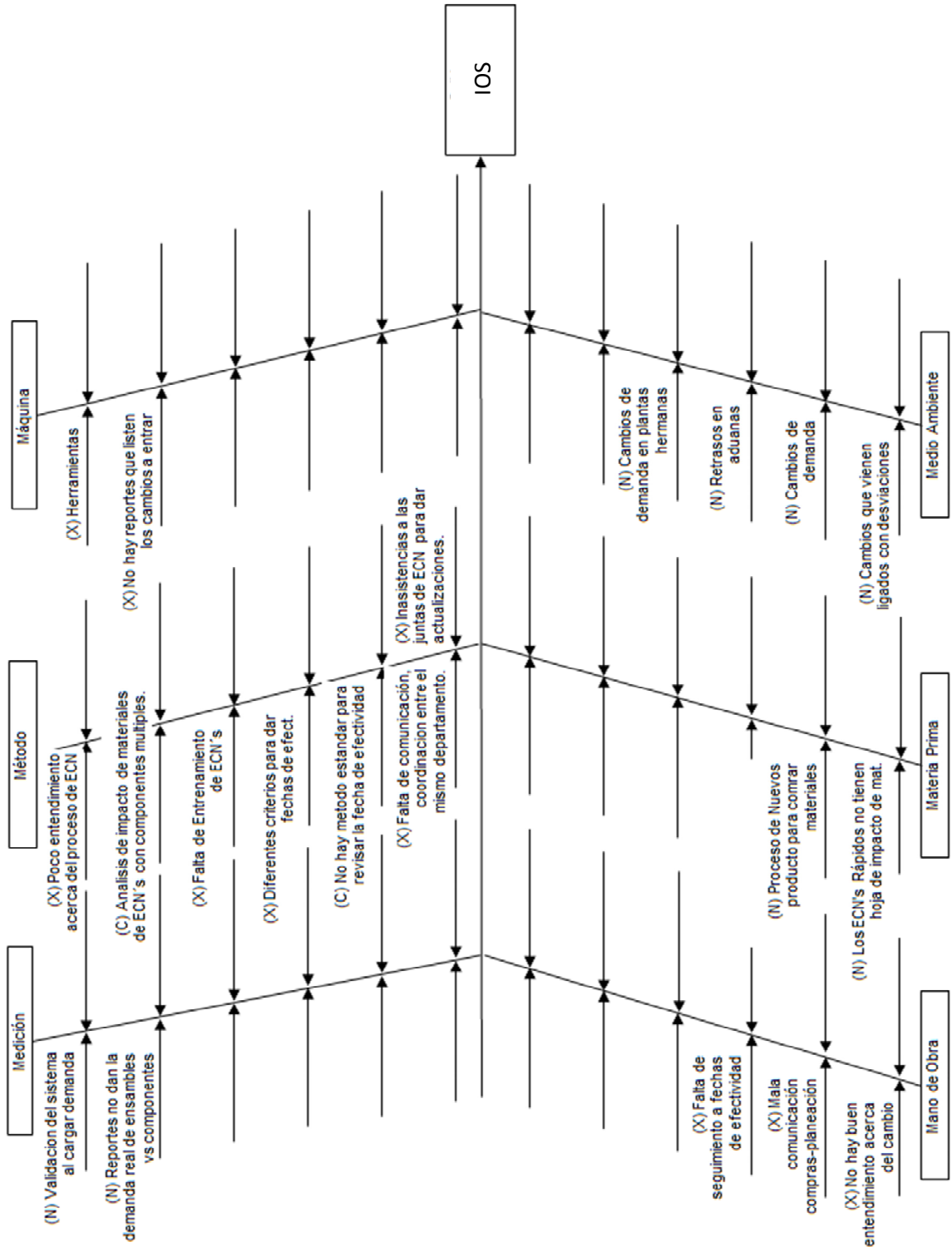


Figura 4.14 Diagrama de Causa-Efecto

A4.- Métrica Principal:

Se muestra el comportamiento de la métrica principal hasta el término de la fase de Análisis en Noviembre de 2011, en donde todavía no hay mejoras implementadas. En algunos proyectos las mejoras pueden distinguirse desde la fase de análisis, esto es por el simple hecho de empezar a monitorear el proceso de cerca.

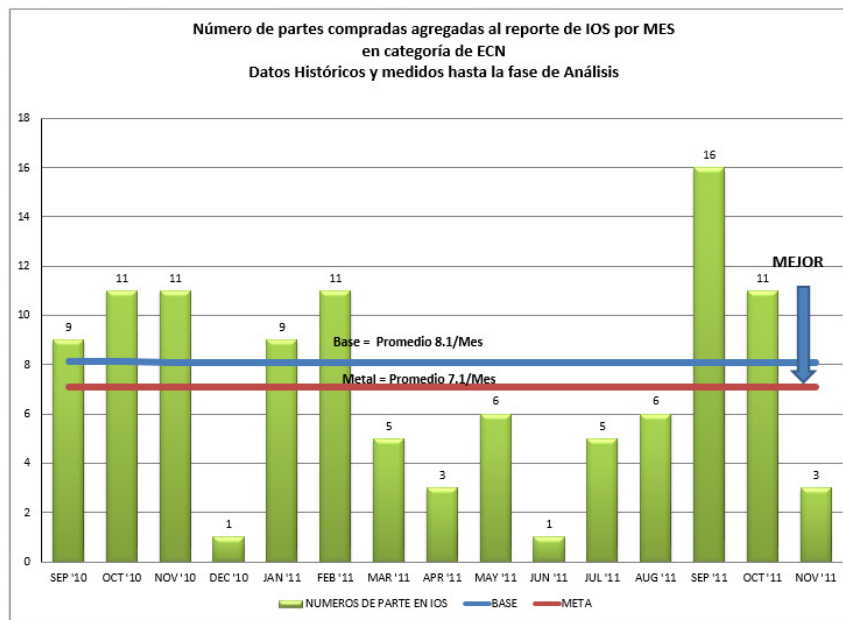


Figura 4.15 Métrica hasta el término de la fase de Análisis

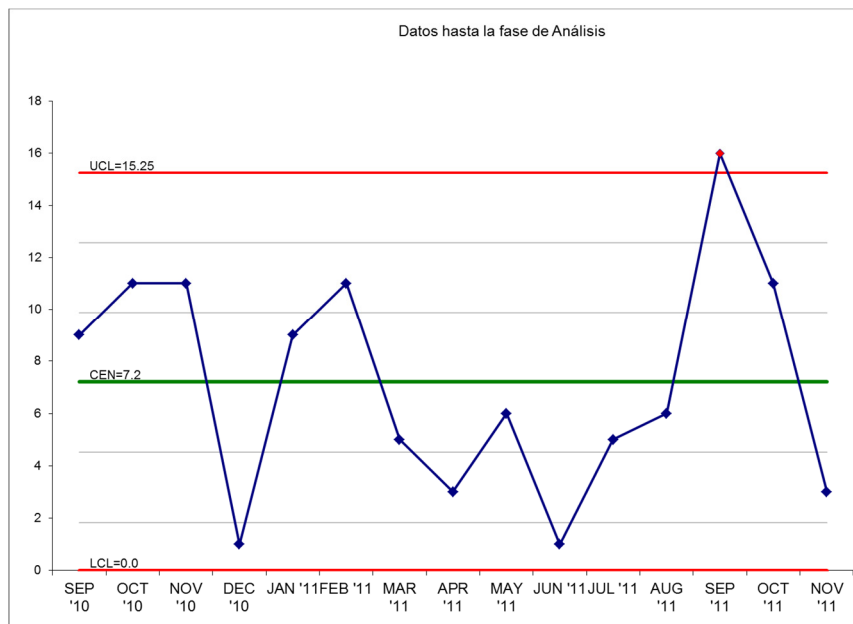


Figura 4.16 Métrica desarrollada en Grafica de control "c"



4.6.4 Fase de Mejora

La Fase de Mejora comprende los siguientes requerimientos.

- I1.- Diagrama de Flujo del Estado Futuro
- I2.- Plan del programa piloto
- I3.- Solución documentada
- I4.- Estándares implementados
- I5.- Entrenamiento completo a las personas involucradas

11.- Diagrama de Flujo del Estado Futuro.

En la figura 4.17, presentamos el diagrama de flujo del estado futuro, en él se muestra la interacción de los diferentes departamentos en cuanto al nuevo sistema que se manejará para comunicar los cambios en cuanto a fechas de implementación de componentes en *ECN's*.

Como excepción o punto crítico del proceso, en los casos regulares de *ECN's* con tipo de impacto de material clasificado como “consumir lo existente” o “sin impacto de material”, los compradores deben proporcionar las fechas de efectividad al Coordinador de *ECN's*, pero solo en los casos listados en la Tabla número 4.5, el comprador debe requerir confirmación al departamento de planeación antes de proporcionar retroalimentación al coordinador de *ECN's*. Recordemos que nuestro proyecto se enfoca a los tipos de cambio “consumir lo existente”, sin embargo, este punto no podía dejarse pasar sin asignarle un plan de acción ya que en caso de presentarse el caso, representa un peligro potencial de creación de *IOS*.

Tabla 4.5 Confirmación de tipos de cambio entre compras y planeación

Tipo de Cambio	Descripción	Acción
Productos en Final de Vida	Componentes que serán Final de Vida (EOL) o que serán removidos de todos los BOM's que tengan demanda cargada.	Comprador revisa con planeador la fecha de efectividad del ECN.
Cambios de tableros electrónicos limpios	Para cada cambio relacionado con tableros crudos.	Comprador revisa con planeador la fecha de efectividad del ECN.
Scrap/Retrabajo Obligatorio	Fecha de corte de un cambio Obligatorio es proporcionada en la hoja de impacto de material del ECN. Esta fecha debe seguirse sin excepción.	Comprador verifica con planeador el impacto. Cualquier desacuerdo debe de identificarse antes de que el ECN llegue al estado de “Actualización de Contenido” y consultarse con el dueño del ECN.

En el diagrama 4.17 se reflejan puntos clave del plan piloto y la relación de los diferentes departamentos para la mejora del seguimiento de fechas de efectividad de los *ECN's*.

Diagrama de Flujo para ECN de cambios de BOM.

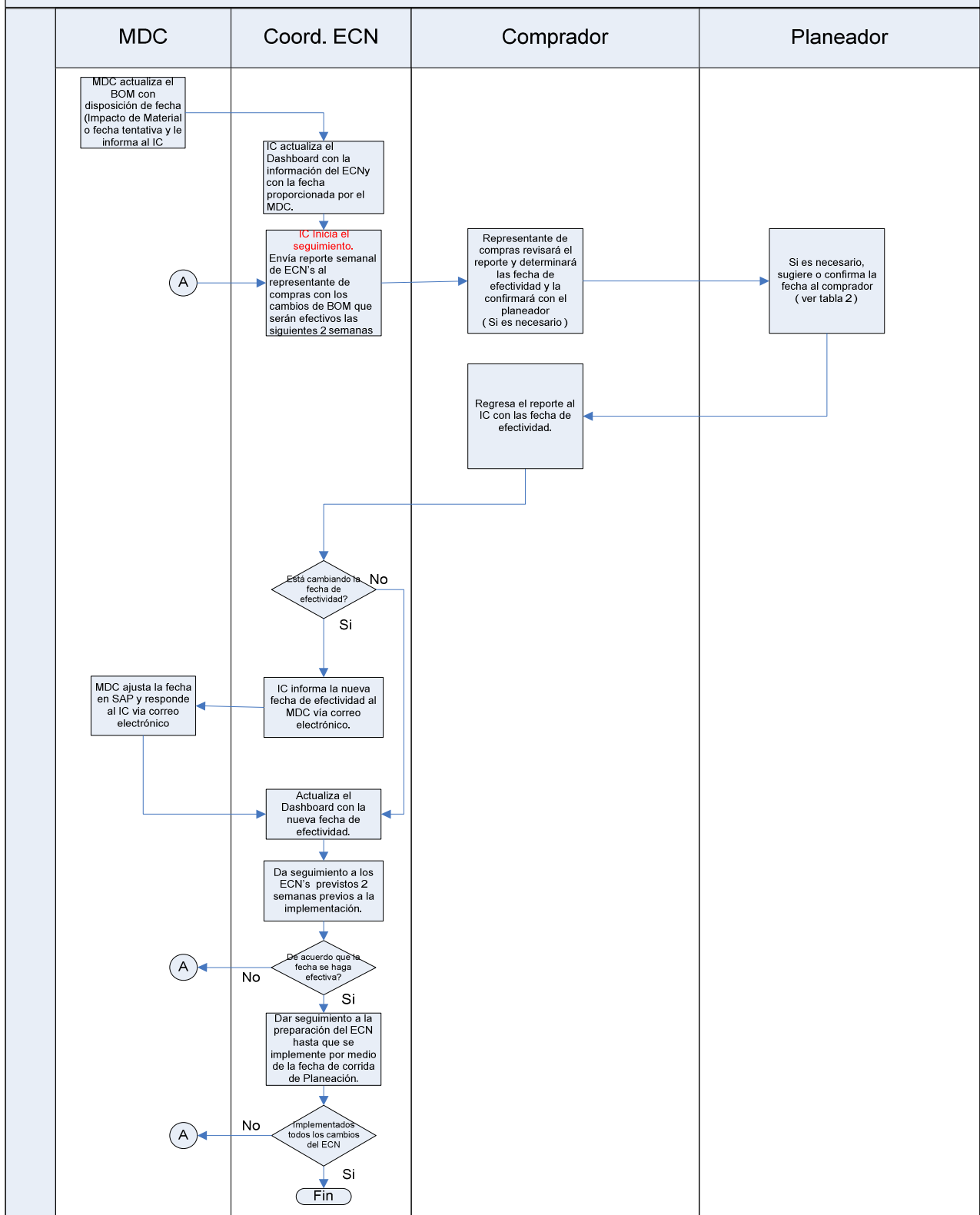


Figura 4.17 Diagrama de Flujo del Estado Futuro

I2.- Plan Piloto

Acorde a las fronteras del sistema, el plan piloto para realizar nuestras mejoras, se llevó a cabo con los departamentos de compras y planeación, específicamente los de componentes electrónicos por ser estos los de mayor volumen de compra.

Como se muestra en el diagrama de flujo desarrollado, se proporcionan detalles de los puntos clave de seguimiento entre los departamentos, como una de las mejoras establecidas como parte del proyecto, los cuales son:

- a) Informe de Actualización de Fechas de Efectividad de un *BOM*
- b) Actualización diaria de una pizarra electrónica en donde se registran las fechas de efectividad por cada *ECN*. Esta pizarra recibe mejoras para agregar las actualizaciones recibidas por el departamento de compras.
- c) En base a la pizarra, se estandariza un reporte semanal a los departamentos de compras y planeación para informar de los cambios que sucederán en las 2 semanas siguientes.
- d) Compras asigna un representante que revisará todos los *ECN*'s en el reporte.
- e) En caso de ser necesario y como se muestra en la tabla 3.4 consultará con el departamento de planeación la fecha de efectividad resultante.
- f) El reporte de *ECN*'s con cambios en las siguientes 2 semanas, debe regresarse al coordinador en un lapso no mayor a 3 días con los cambios de fechas y/o confirmaciones correspondientes.
- g) Todo lo anterior, se revisará en una junta que se realiza 3 veces por semana con la finalidad de monitorear cambios y actualizaciones a las fechas proporcionadas.
- h) El cambio se considera cerrado cuando el producto que contiene el cambio, ha corrido en el piso de producción

Una vez cubiertos los puntos de liberación del borrador de los estándares y el entrenamiento en las mejoras propuestas, un periodo de prueba de 3 meses es requerido para validar que las acciones seguidas han sido efectivas para la reducción del *IOS* de la planta. A su vez, el monitoreo de las métricas primaria y consecencial es indispensable para asegurar el éxito del proyecto.

Es necesario monitorear caso por caso cada entrada al reporte de *IOS*, esto con la finalidad de verificar que la guía de selección para la entrada de partes al reporte establecida durante la fase de medición sigue siendo efectiva y la información que alimenta los métricos del proceso es confiable.

Después del periodo de validación de la mejora del cambio, en base a los resultados obtenidos en nuestra gráfica de control y/o métrica principal, sabremos si es necesario hacer algún ajuste a las soluciones definidas.

I3.- Solución Documentada.

Las siguientes acciones de implementación de mejoras son acordadas, a su vez, se listan también los *SOP's* (Procedimientos Estándar de Operación) que nos ayudarán a estandarizar el seguimiento a las acciones establecidas.

La tabla 4.6, muestra los detalles de las mejoras implementadas y los estándares en donde se plasma de manera oficial en los documentos de la empresa.

Tabla 4.6 Tabla de Mejoras y de *SOP's*

Método Estándar para el seguimiento de fechas de efectividad de ECN en los cambios de componentes	SOP
Categorías de <i>IOS</i> definidas	Definidas en procedimiento MA-003 Rev. 08
Flujo de Proceso definido y documentado	Diagrama de proceso creado, entrenamiento realizado documentado. Procedimiento EG-5.05 Rev. 09 modificado.
Reglas para definir fechas de efectividad entre compras y planeación	Entrenamiento realizado Agregado al procedimiento EG-5.05 Rev. 09
Procedimiento modificado (borrador)	Procedimientos MA-003 Rev. 08 Y EG-5.05 Rev. 09 liberados a revisión gerencial.
Reporte semanal para seguimiento de fechas entre coordinador de ECN's y Compras	Establecido durante el entrenamiento realizado. Explicado y documentado en el procedimiento 5.05 rev. 09

Entrenamiento de ECN's completo	Liberado al departamento de entrenamiento para proporcionárselo a compradores y planeadores. También se agregó al perfil de nuevos ingresos del área de materiales.
Entrenamiento en herramientas del sistema	Proporcionado por parte del departamento que realiza los cambios de BOM. Documentado en el sitio web del departamento.

I4.- Estándares implementados

El compromiso y seguimiento de las áreas involucradas para el uso de los *SOP's* que han sido ya sea creados debido a la necesidad que fue encontrada y cubierta durante el desarrollo del proyecto o de los estándares existentes que se modificaron para adaptarse a las nuevas circunstancias de trabajo de cada área involucrada, es indispensable para el éxito del proyecto.

¿Qué significa esto? Que nos comprometemos a seguir un proceso de una manera nueva o diferente a la que estábamos acostumbrados y los números hablarán por si mismos al monitorear las métricas establecidas y darnos cuenta si en realidad el proceso fue seguido como se acordó y si en efecto, fue exitoso acorde la hipótesis planteada. Una vez hecha la revisión de los resultados y los ajustes correspondientes en caso de ser necesario, se procede a documentar de manera formal.

Para el departamento de Control de Inventarios, el cambio fue grande y su procedimiento principal fue modificado al agregar nuevas categorías que debían seguirse fielmente al encontrar y seleccionar números de parte que cumplieran con el requisito para ser considerados *IOS* por *ECN*. Fue necesario un seguimiento constante y cercano para asegurar que el aprendizaje del nuevo proceso se asimilara correctamente y no caer en casos de aceptación o rechazo incorrectos. En la tabla 4.3, es donde se plasmó toda esta información que se formalizó en el procedimiento MA-003 en revisión 8.

Los departamentos de compras y planeación se ajustaron a cambios en la comunicación que tradicionalmente se llevaba a cabo, y todo esto quedó plasmado en el procedimiento interno de *ECN's* como se muestra anteriormente en la tabla 4.5.

Por otra parte, dadas las circunstancias del entorno y lo que conlleva el proveer y dar seguimiento a fechas de efectividad, no es posible eliminar algunas de las situaciones de riesgo que hacen tan volátiles las fechas asignadas, fue por esto que los integrantes del equipo ajustaron al nuevo modelo de seguimiento interno de fechas de efectividad por cambios de ingeniería, que representó modificaciones del procedimiento 5.05. Todo esto monitoreado por 4 meses para demostrar su efectividad.

15.- Entrenamiento completo a las personas involucradas

Al inicio del proyecto, se identificó la necesidad de crear y proporcionar un entrenamiento general del proceso de *ECN's* ya que nos encontramos que no todas las áreas relacionadas con este proceso hablábamos el mismo lenguaje, es decir, todos teníamos conceptos y perspectivas diferentes acorde nuestra área de especialidad. Al llevar a cabo este entrenamiento, se les mostró a los integrantes cual era la función del Departamento de Coordinación de *ECN's*, los puntos importantes de éstos y además se aclararon terminologías comúnmente utilizadas, la expectativa de cada integrante en cada fase del proceso, y se explicó además la manera que la información obtenida de departamento era utilizada para dar seguimiento a la correcta implementación de un *ECN* en el piso de producción.

El entrenamiento proporcionado se dividió en 3 fases a los usuarios que integran los departamentos directamente relacionados, que son:

Control de inventarios, Coordinación de *ECN's*, Planeación y Compras.

Los puntos expuestos fueron los siguientes:

- a) Conocimiento General del Proceso de *ECN's* y puntos críticos en la implementación de los cambios propuestos por los grupos de ingeniería.
- b) Entrenamiento en el nuevo sistema de seguimiento y cambios en los procedimientos.

- c) Nuevo sistema de identificación de números de parte entrantes al reporte de *IOS* acorde las modificaciones acordadas al procedimiento.

Todo lo anterior dio paso a lo que veremos más a detalle en la fase de control durante C2, para asegurarnos que cada persona nueva esté enterada y entrenada de los métodos apropiados para el conocimiento y seguimiento al proceso de elección de fechas de efectividad para *ECN's*, comunicación interdepartamental y selección de números entrantes al *IOS*.



4.6.5 FASE DE CONTROL

Los requisitos a entregar para cumplir con la fase de control son los siguientes:

- C1.- SOP's y Documentación modificados e implementados
- C2.- Actualizar requisitos de entrenamiento
- C3.- Realizar comprobación estadística
- C4.- Métrica Principal

C1.- Estándares (SOP's) y Documentación modificados e implementados.

El objetivo primordial de la Fase de Control, es que los procesos y mejoras implementados, sean estables y capaces.

Al iniciar la etapa de Control, los estándares establecidos durante la Fase de Mejora ya están en uso cotidiano en las áreas que se involucran directamente con el proceso en cuestión. Todos los participantes han debido adaptar sus sistemas de trabajo a lo establecido en las fases anteriores con la finalidad de mejorar las prácticas de control del proceso de asignación de fechas de efectividad y ayudar a reducir el inventario *IOS*.

Cabe resaltar que una nueva cultura se ha creado, al concientizar a todos los integrantes del departamento de compras y planeación de la importancia que tiene su involucramiento en tiempo y forma, en los planes trazados durante el proyecto y así, mejorar el proceso de fechas de efectividad de un *ECN*.

En la tabla 4.5 mostrada durante la fase anterior, se listaron una serie de planes y procedimientos que han sido propiamente actualizados en los registros de la empresa.

Durante los meses de seguimiento a las mejoras, fue claro como la tendencia bajó notoriamente, durante el desarrollo de un proyecto DMAIC, cabe aclarar que es algo normal que se muestren mejoras inmediatas con el simple hecho de empezar a monitorear un proceso.

En específico, este proceso maneja numerosas variables que pueden afectar el resultado final, en el cual el riesgo de generación de materiales en obsolescencia es latente, el seguimiento continuo, el entrenamiento calendarizado y la revisión periódica de los planes y sistemas mejorados e implementados, es vital para asegurar la permanencia de la mejora conseguida.

El control debe apoyar a que las mejoras implementadas se mantengan y ser capaces de detectar tendencias de volver a prácticas anteriores. Es de considerarse que los elementos clave de esta fase son:

- a) Disciplina
- b) Estandarización

c) Documentación

d) Monitoreo

C2.- Actualizar Requisitos de Entrenamiento

En la etapa final, el equipo decidió el plan para estandarizar la mejora en todos los integrantes actuales y futuros, con el apoyo del departamento de entrenamiento a quien se le ha proporcionado un plan para los casos siguientes:

- a) Re-entrenamiento anual del procedimiento actualizado de *ECN's* acorde los materiales preparados que se proporcionaron a las partes involucradas.
- b) Entrenamiento en los *SOP's* actualizados (ver tablas 4.4 y 4.5) como parte del plan de inducción a todas las personas de nuevo ingreso que se unan a los departamentos de Compras, Planeación, Inventarios e *ECN's*.

Los puntos de control para los requisitos de entrenamiento, deberán de ayudarnos a asegurarnos que la información siempre fluya clara, independientemente de si las personas que trabajamos en estas áreas tenemos experiencia en el proceso, ya que deberemos re-certificarnos para asegurarnos que el camino trazado inicialmente sigue siendo el correcto y también, que nuevas generaciones sigan los métodos de control establecidos.

C3.- Comprobación Estadística

Para poder concluir que el proyecto fue exitoso, y realmente hubo una mejora significativa, es necesario realizar la comprobación estadística.

En este caso, se desea demostrar en base a los resultados de la medición registrada en la métrica principal, que hay una diferencia significativa entre los datos históricos tomados de los reportes de *IOS* antes de empezar el proyecto contra los tomados en la métrica después de implementar las mejoras.

Se selecciona la Prueba de Hipótesis para Proporciones para realizar la comprobación de la Hipótesis, al ser esta prueba usada para datos por atributos y que nos da a conocer si la proporción entre el grupo 1 y el 2, son diferentes uno del otro.

Hipótesis a probar:

$$H_0 : p_2 \geq p_1$$

$$H_1 : p_2 < p_1$$

Donde p_1 representa a los datos históricos recolectados y p_2 a los datos de la métrica después de las mejoras implementadas.

Resultados de la de Prueba de Hipótesis para Proporciones

Los resultados en la Prueba de Proporciones mostrados a continuación en la figura 4.18 representan el valor-p de dos proporciones.

Criterio de decisión: Si Valor $P \leq \alpha$ (nivel de significancia) se rechaza la hipótesis nula (H_0)

User defined parameters	
Number Defective Group #1 (x_1)	57
Sample Size of Group #1 (n_1)	864
Number Defective Group #2 (x_2)	11
Sample Size of Group #2 (n_2)	509
Results	
Sample Proportion Group #1 (p_1)	0.06597
Sample Proportion Group #2 (p_2)	0.02161
p-value (probability of Type I Error)	0.000
Confidence that Group #1 proportion is greater than Group #2 proportion	100.0%

Conclusion Drawn		True State of Nature	
		H0	H1
		Correct	Type II Error
Type I Error	Correct		

Figura 4.18 Datos de SPC XL para Resultado de Prueba de Hipótesis para Proporciones

Comprobación de la Hipótesis:

Se demuestra con aproximadamente un 100% de confianza, que se rechaza la Hipótesis nula al ser aceptada la hipótesis alternativa H1, siendo la proporción de los datos históricos mayor a la proporción de los datos de la métrica después de implementadas las mejoras con un valor $p < 0.05$

C4.- Métrica Principal

En la figura 4.19 presentamos los resultados de la fase final del proyecto. Como se menciona durante la comprobación estadística, se demuestra una mejora significativa después del mes de Febrero de 2012 al implementar todas las mejoras al proceso.

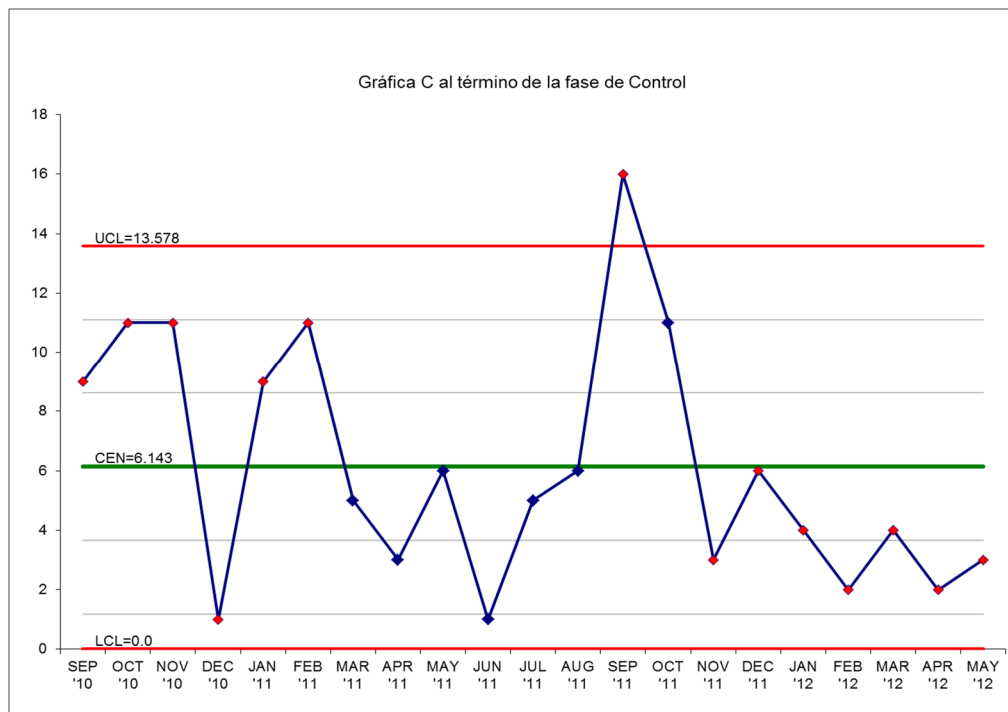


Figura 4.19 Métrica Principal al término de la fase de Control

Capítulo 5

Conclusiones y Recomendaciones

5.1 Conclusión.

Se dirige la atención a la mejora indiscutible lograda en el proceso de asignación de fechas de efectividad en *ECN* para componentes comprados. Acorde a la gráfica mostrada y a la Prueba de Hipótesis de dos proporciones, es claro que la diferencia de la proporción antes del inicio del proyecto y al concluirlo, se redujo en un 65% el promedio de entradas de números de parte al reporte de *IOS*.

Los ahorros estimados, basado en datos históricos y en la proyección anual de los resultados de la métrica principal después de las mejoras implementadas, son de aproximadamente 300,000 dólares americanos según el estimado financiero realizado y proyectado a 12 meses.

La métrica consecuencial, muestra el total del *IOS* de la planta y como se ha hecho mención durante la justificación, el apartado de *ECN*'s es solo un contribuyente al *IOS* total, por lo que otros esfuerzos y proyectos simultáneos pueden haberse desarrollado conjuntamente al proyecto de *IOS* por *ECN*.

No fue necesario determinar una meta ni número base de referencia en la métrica consecuencial, su finalidad es reflejar el estado del proyecto, para conocer si las actividades definidas tienen un impacto negativo o positivo en la cuenta de *IOS* de la empresa. Si la métrica consecuencial sufre un impacto negativo, entonces debe investigarse si este hecho es relacionado a alguna actividad debida al proyecto, identificarla y hacer la corrección pertinente.

Una de las mayores ganancias obtenidas, no radica en los beneficios económicos directamente, sino en el haber logrado la estandarización de un proceso que no tenía control. Las entradas de la métrica son confiables, se trabaja en base a procedimientos y estándares de operación definidos y acordados por todos los integrantes del proceso y aun cuando no es posible eliminar todas las causas de variación, fue posible identificarlas y trabajar en torno a algunas de ellas.

El proyecto Green Belt llevado a cabo a través de la metodología DMAIC, y considerado como un *Lean-Seis Sigma*, oficialmente concluyó a finales de Mayo de 2012 al presentar los resultados a la alta gerencia de la empresa y obtener la firma de autorización del Campeón del proyecto para el cierre de la fase de control.

Las figuras 5.1 y 5.2 son el reflejo de las métricas Primaria y Consecuencial al término del proyecto. Aunque son numerosas las variables que intervienen en el proceso de IOS, además del proceso mismo de *ECN's*, se cumplió la meta con la métrica consecuencial, al no ser ésta impactada negativamente con el proyecto, sino al contrario, viendo claramente mejoras en su tendencia.

A su vez, la figura 5.2 se divide en 3 secciones, el antes, durante y después y es fácil identificar los cambios en la media de los datos. Logrando llegar a una media de 2.8 números de parte como entradas promedio al reporte de *IOS* por cuestión de *ECN's*.



Figura 5.1 Resultado de la cuenta de IOS de enero a mayo de 2012 como parte de la Métrica Consecuencial.

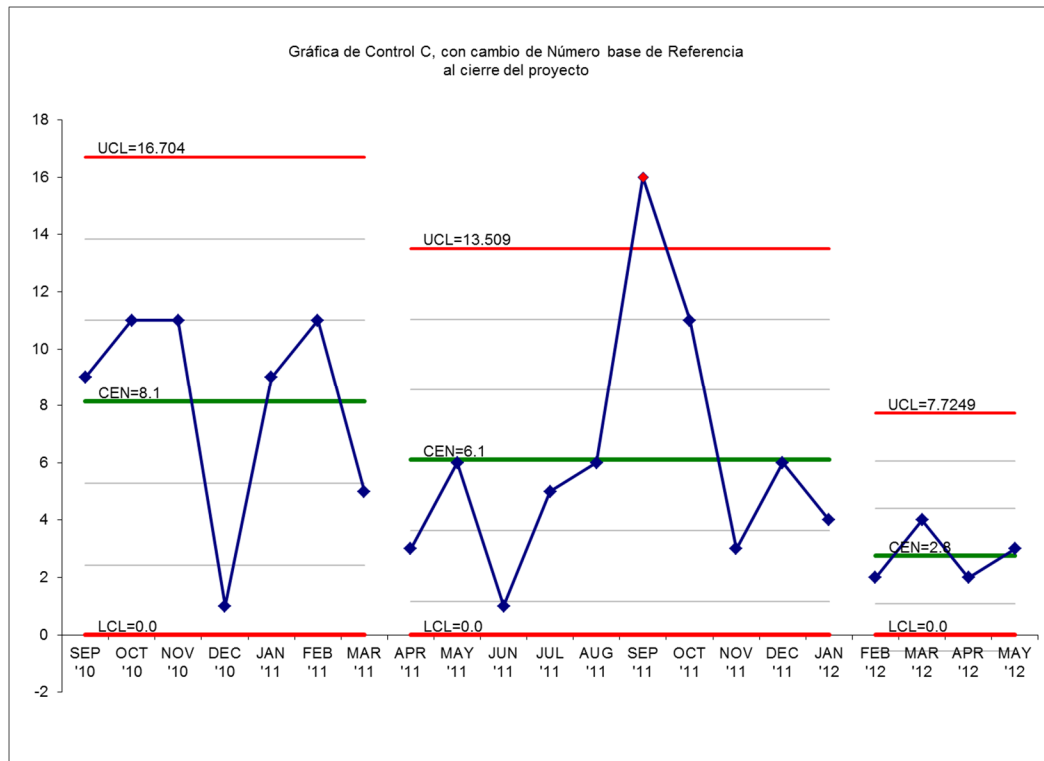


Figura 5.2 Métrica Principal del proyecto mostrando el nuevo número base de referencia.

Con todo lo anterior demostrado, se reitera la aportación original de este trabajo de tesis en comparación a otros proyectos de mejora continua investigados y relacionados a la reducción de costos en los inventarios de las empresas.

El enfoque utilizado, a diferencia de otros, es el de lograr una mejora específicamente en el proceso de asignación de fechas de efectividad en componentes afectados por cambios de ingeniería y así, reducir una parte de los niveles de inventarios inactivos, obsoletos y excedentes que generan costos a la empresa relacionados con compras, manejo, almacenamiento y disposición de materiales, entre otros beneficios logrados.

5.2 Comprobación de la Hipótesis del Proyecto:

La hipótesis planteada al inicio de este proyecto de tesis, se vió cumplida y rebasada, ya que se superó la expectativa de la mejora esperada de 1 parte por mes en la reducción de componentes electrónicos que llegan a obsolescencia por causa del proceso de ECN's.

Esto se traduce, de un porcentaje inicial esperado de 12.3% (7.1 partes por mes) a un 65.4% logrado con el nuevo número base de 2.8 partes promedio por mes en comparación con las 8.1 registradas durante la fase de medición.

5.3 Recomendaciones:

Varias áreas de oportunidad se identificaron durante la fase inicial del proyecto en la cual se llevó a cabo la lluvia de ideas como una de las actividades principales realizadas por el equipo de trabajo. Estos tópicos fueron marcados como Ruido durante el ejercicio de la creación del diagrama de Causa-Efecto (ver tabla 5.1).

Se mencionan algunos a continuación:

- a) Cambios precedidos por modificaciones temporales al *BOM* (desviaciones)
- b) Cambios de demanda por parte del cliente
- c) Cambios de demanda por parte de plantas hermanas
- d) Mejora de reportes del sistema *SAP*
- e) Sistema de validación durante para demanda cargada
- f) Proceso de nuevos productos para la compra de materiales
- g) Mejora en las hojas de impacto de materiales de los *ECN's*

Formato CNX							
	C N X	C N X	C N X	C N X	C N X	C N X	C N X
	Medición	Método	Maquinaria	Mano de obra	Materia Prima	Medio Ambiente	
Variable 1	Validación del sistema/comunicación al cargar demanda N	Poco entendimiento acerca del proceso de ECN X	Herramientas Limitadas en el sistema X	No hay buen entendimiento acerca del cambio X	Los ECN's Rápidos no tienen hoja de impacto de mat. N	Cambios que vienen ligados con desviaciones N	
Variable 2	Reportes no dan la demanda real de ensambles vs componentes N	Impacto de materiales de ECN's con componentes múltiples. C	No hay reportes que listen los cambios a entrar X	Mala comunicación compras-planeación X	El Proceso de Nuevos Productos afecta la compra de materiales N	Cambios de demanda N	
Variable 3		Falta de Entrenamiento de ECN's X		Falta de seguimiento a fechas de efectividad X		Retrasos en aduanas N	
Variable 4		Diferentes criterios para dar fechas de efect. (planeador y X				Cambios de demanda en plantas hermanas N	
Variable 5		No hay método estandar para revisar la fecha de efectividad C					
Variable 6		Falta de comunicación, coordinación entre el mismo departamento. X					
Variable 7		Inasistencias a las juntas de ECN para dar actualizaciones. X					
Variable 12							

Figura 5.3 Formato CNX resultante de la lluvia de ideas del diagrama de Causa-Efecto

Estas oportunidades representaban por sí mismas proyectos potenciales que no podían ser abarcados dentro de las fronteras establecidas para el plan actual, y quedaron listadas como recomendaciones para el equipo de Mejora Continua de la empresa y así, poder tomarse en cuenta en proyectos futuros ya sea de DMAIC o *Kaizen*.

Se identifica además la necesidad de tomar los planes de acción resultantes del presente estudio como modelo o patrón para llevarse a cabo ahora enfocados a otras familias de productos tales como: Productos ensamblados, componentes metal-mecánicos, entre otros, que también forman parte del proceso de *ECN's* cuando se identifica la necesidad de un cambio de ingeniería ya sea a nivel planta, corporación o cliente.

Referencias Electrónicas y Bibliografía

- [1] James W. Martin, 2007
<http://www.isixsigma.com/operations/supply-chain/lean-six-sigma-reduce-excess-and-obsolete-inventory/>
Accesado Junio-10-2013
- [2] Melissa Connolly, 2012
<http://www.processexcellencenetwork.com/process-improvement-case-studies/articles/case-study-using-six-sigma-to-reduce-excess-invent/>
Accesado: Febrero-10-2014
- [3] Eric Clower, 2010
<http://www.qualitydigest.com/inside/twitter-ed/applying-dmaic-inventory-problems.html>
Accesado: Febrero-20-2014
- [4] Rick Pay, 2010
<http://www.industryweek.com/inventory-management/consider-avoiding-obsolete-inventory>
Accesado: Febrero-14-2014
- [5] "Henry Ford Changes the World, 1908," EyeWitness to History
www.eyewitnesstohistory.com (2005)
<http://www.eyewitnesstohistory.com/ford.htm>
Accesado Julio-04-2013
- [6] Hobbs, Dennis P.. Lean Manufacturing Implementation : A Complete Execution Manual for Any Size Manufacturer.
Boca Raton, FL, USA: J. Ross Publishing, Incorporated, 2003. p 36.
<http://site.ebrary.com/lib/uabc/Doc?id=10124715&ppg=36>
Copyright © 2003. J. Ross Publishing, Incorporated. All rights reserved.
Accesado Junio-20-2013
- [7] Villaseñor, Alberto. Manual de Lean Manufacturing. Limusa, 2007
<http://gestiondeproduccionymantenimiento.blogspot.mx/2009/11/la-historia-de-la-manufactura-esbelta.html>
Accesado Junio-20-2013
- [8] Concepto de manufactura esbelta
<http://www.gestiopolis.com/recursos2/documentos/fulldocs/ger/manesbelta.htm>
Accesado Diciembre-28-2013

- [9] Desperdicios de la Manufactura Esbelta
<http://manufacturaesbelta.blog.com/2010/11/15/los-7-desperdicios-en-la-manufactura-esbelta-2/>
Accesado Diciembre-28-2013
- [10] Lean Manufacturing
<http://manufactura-esbelta.wikispaces.com/Lean+Manufacturing>
Accesado Junio-18-2013
- [11] Bland, J.M.; Altman, D.G. (1996). "Statistics notes: measurement error.". *Bmj*, 312(7047), 1654.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2351401/pdf/bmj00548-0038.pdf>
Accesado Noviembre-22-2013.
- [12] Definición de 6 Sigma
<http://www.gestiopolis.com/recursos/experto/catsexp/pagans/ger/no12/6sigma>.
Accesado Junio-28-2013
- [13] Historia Motorola Seis Sigma, **Copyright © 2000-2012 iSixSigma – All Rights Reserved**
<http://www.isixsigma.com/new-to-six-sigma/history/history-six-sigma/>
Accesado Junio-25-2013
- [14] Alan Chapman six sigma training, history, definitions
2005-2011, first published 2005, revised 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011
<http://www.businessballs.com/sixsigma.htm>
Accesado Junio-29-13
- [15] Qué es Seis Sigma
http://www.peoplecert.org/en/Lean_Six_Sigma/what_is_lean_six_sigma/Pages/lean_six_sigma.aspx
Accesado en Julio-05-13
- [16] <http://www.sixsigmaespanol.com/six-sigma-articles.php>
Accesado en Mayo-20-2013
- [17] <http://www.sixsigmaespanol.com/six-sigma-article-DMAIC.php>
Accesado en Enero-21-2013

- [18] <http://www.dmaictools.com/>
Accesado en Junio-29-13
- [19] <http://www.isixsigma.com/new-to-six-sigma/dmaic/six-sigma-dmaic-roadmap/>
Accesado en Julio-10-13
- [20] Adams, Kiemele, Pollock, Quan (2004) Lean Six Sigma: A Tools Guide
- [21] Propiedades de los Sistemas de medición. Manual de Lean Six Sigma Green Belt 2011.
Consultado Diciembre-28-2013
- [22] http://www.caletec.com/cursos/analisis_sistema_medida/
Accesado Diciembre-30-13
- [23] MSA análisis
<https://www.moresteam.com/toolbox/measurement-system-analysis.cfm>
Accesado en Octubre-13-2013

Distribución Normal de Seis Sigma

<http://bizcovering.com/business/six-sigma-the-way-business-should-be-done/>

Accesado en Abril-01-2014

Estructura Humana de Six Sigma

http://es.wikipedia.org/wiki/Seis_Sigma

Accesado en Diciembre-28-2013

Exactitud y Precision

<http://www.e-medida.es/documentos/Numero-1/exactitud-no-es-lo-mismo-que-precision.htm>

Accesado en Diciembre-30-2013

Kiemele, Schmidt, Berdine. Fourth Edition (2000) Basic Statistics Tools for Continuous Improvement

Datos discretos/atributos

<http://asq.org/quality-progress/2006/01/problem-solving/todo-lo-que-hay-que-saber-acerca-de-los-datos.html>

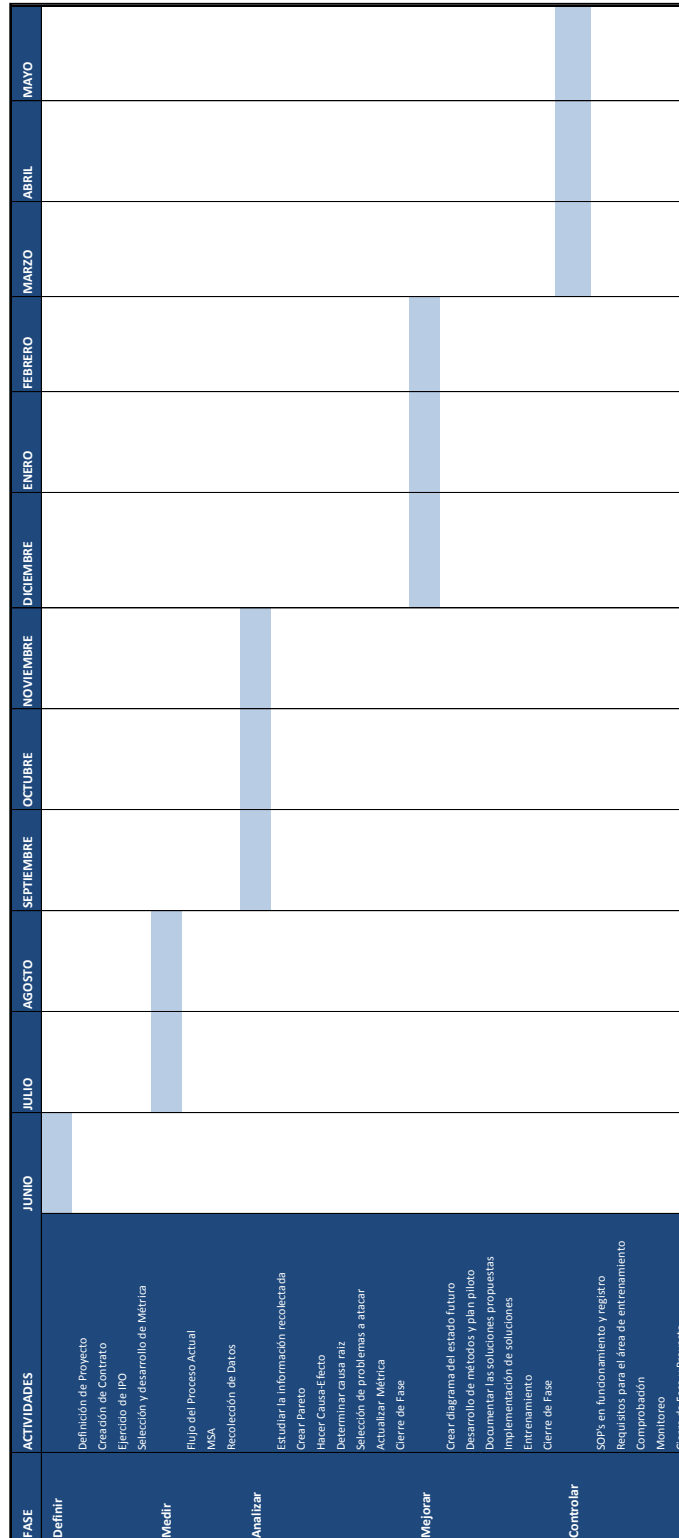
Accesado en Enero-7-2014

Glosario de Siglas, Abreviaciones y Términos

- BB. Black Belt. Expertos técnicos en Seis sigma encargados de capacitar a los expertos Green Belt
- BOM. Bill of Materials. Listado de Materiales
- CE. Diagrama de Causa y Efecto
- CNX. Constante Ruido y Experimento, forman parte del proceo del CE
- CTB. Critical to Business. Definición de requisitos críticos para el negocio
- CTC. Critical to Customer. Definición de requisitos críticos para el cliente
- CTQ. Critical to Quality. Definición de requisitos críticos para la calidad
- Diagrama IPO. Entrada, Proceso y Salida. Herramienta usada para describir todos los elementos que conforman un proceso.
- DMAIC. Herramienta de Mejora Continua utilizada por Seis Sigma. Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar.
- ECN. Noticia de Cambio de Ingeniería (Engineering Chage Notice).
- GB. Green Belt. Expertos técnicos que participan o lideran proyectos para atacar problemas de sus áreas.
- IC. Coordinador de Implementación de ECN's en la planta de Tijuana donde se desarrolló el proyecto de tesis.
- IOS. Inventario Inactivo, Obsoleto y Excedente
- Lean. Expresión corta para referirse a Manufactura Esbelta (Lean Manufacturing)
- MRP. Materials Requirement Planning. Planeación del Requerimiento de los Materiales
- MSA. Análisis del Sistema de Medición
- Número Base. (Baseline) Es la medida que indica a que nivel funcional el proceso, antes de realizar cualquier intervención de herramientas Seis sigma.
- SAP. Es un sistema de información para el manejo de los recursos de una empresa. Se le define como ERP, Enterprise Resource Planning.
- SOP. Procedimientos Estándar de Operación
- SPC XL. Es un software utilizado como complemento de Microsoft Excel para llevar a cabo análisis estadísticos dentro de la misma hoja de cálculo de Excel

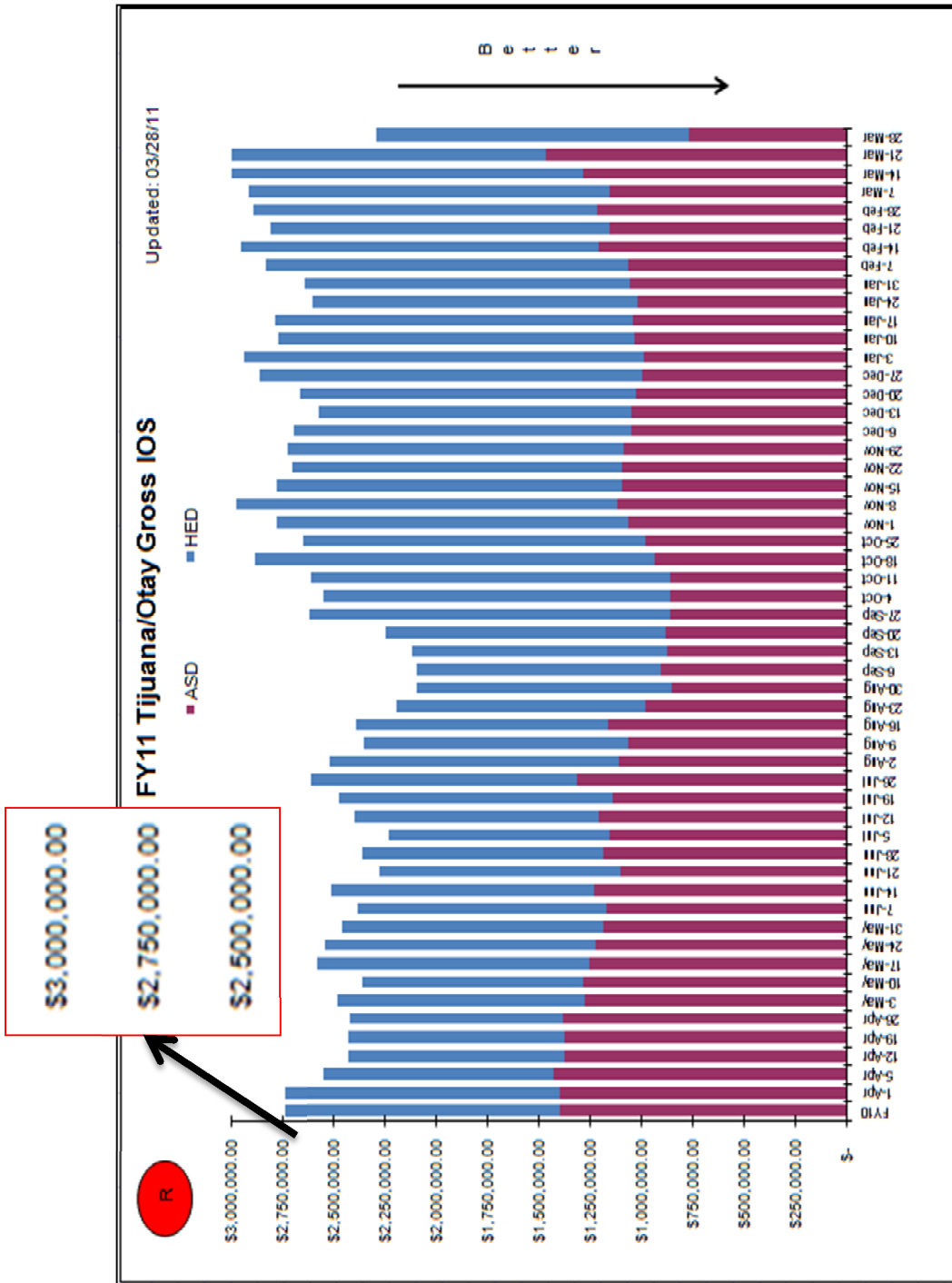
ANEXO 1

Diagrama de Gantt utilizado para monitorear el progreso y avances del proyecto



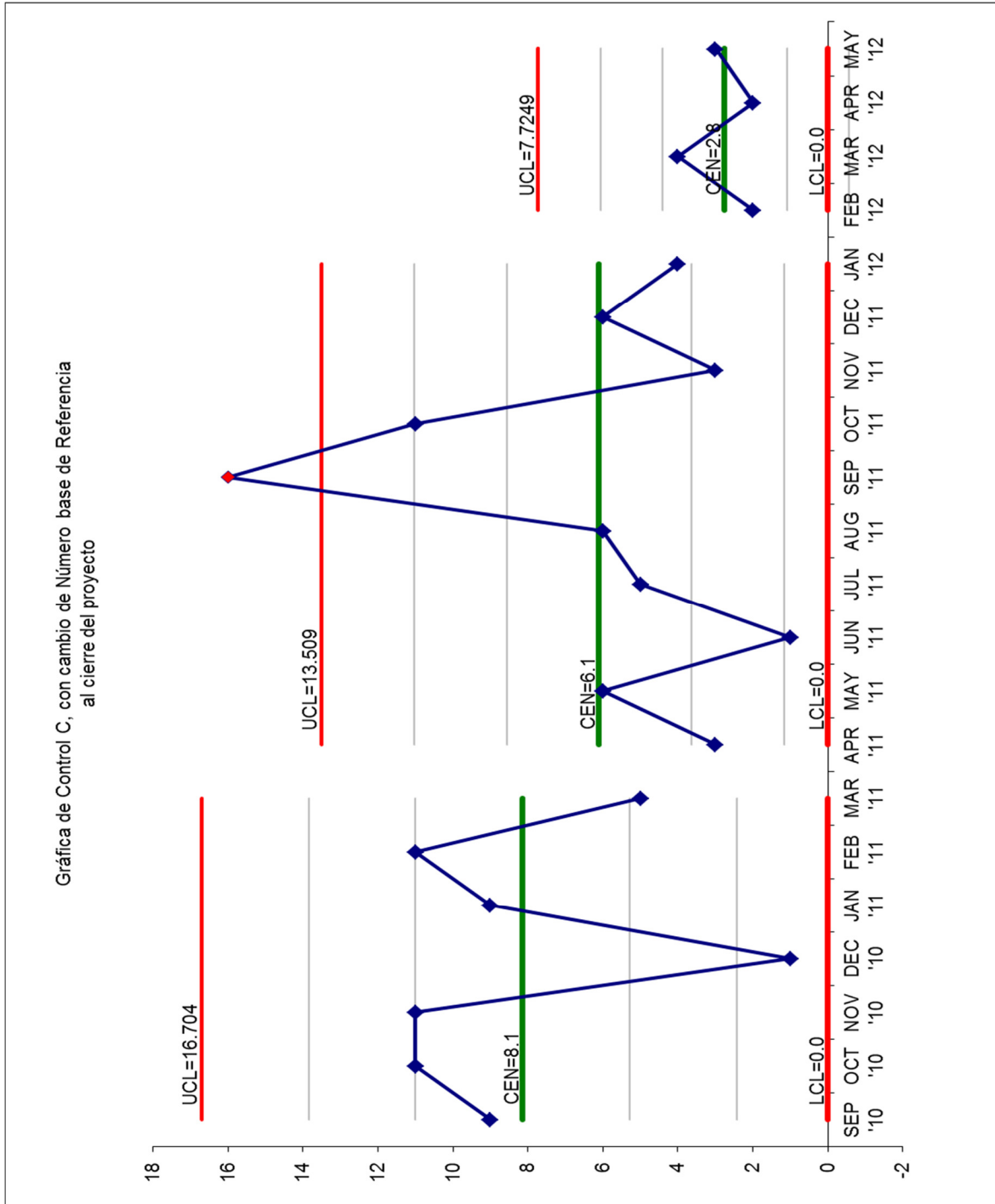
ANEXO 2

Métrica Financiera del FY11, donde se identificó el costo anual del IOS

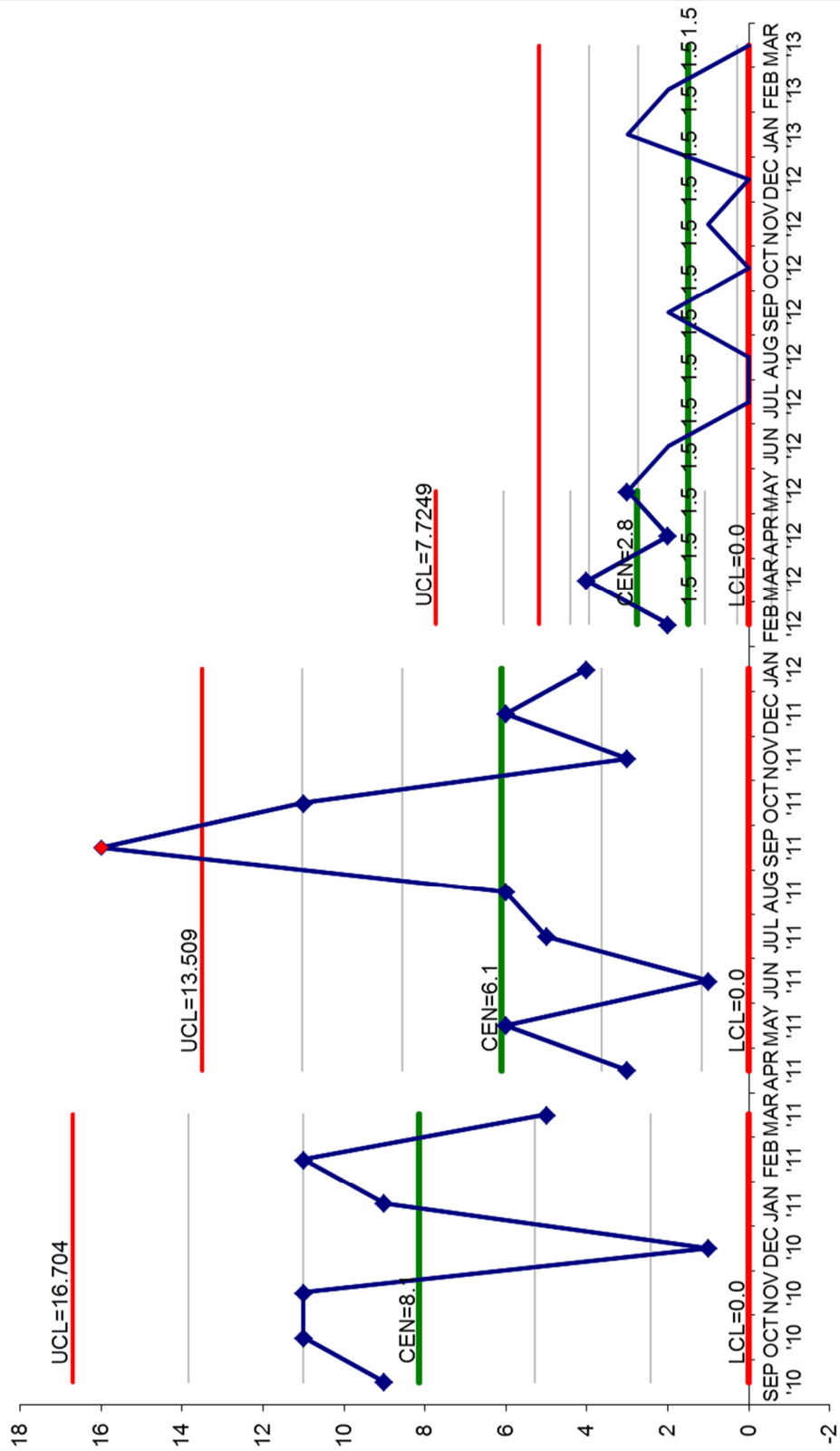


ANEXO 3

Métrica Principal al Término del Proyecto y Monitoreo de Datos durante el FY2013, después del Término del Proyecto para demostrar la continuidad de las mejoras implementadas.



Gráfica de Control C, con cambio de Número base de Referencia al término del año fiscal FY14



ANEXO 4

Ejemplo de reportes completos de IOS de donde se extrae información para la métrica principal del proyecto.

PGI	Material	Description	IOS type	New IOS Ty	SURPLUS		NO DEMAND		Legal Value	Legal Value	Root Cause	Category	Action
					Legal Value	No Demand Uni	Legal Value	Gross IOS					
223	303970-001	IC,Bluetooth,Bcs-MM,TFBGA-169	SURPLUS	SURPLUS	\$11,195.57	31,421 EA	\$135,511.44	34,015 EA	\$146,607.01	Demanc Change	SURPLUS		
043	287375-101	IC,JC,SHARC,ADSP-2.1365,BCA	SURPLUS	SURPLUS	\$2,549.34	15,404 EA	\$105,210.54	15,820 EA	\$112,159.87	ECN 49364	SURPLUS		
223	268846-001	IC,RF,TRANSCIVER,2.5GHZ,3.8V	SURPLUS	SURPLUS	\$7,384.72	23,495 EA	\$60,793.31	25,349 EA	\$66,178.03	Demanc Change	SURPLUS		
066	323400-0050	AMP ASSY,6000NXT_V2,ALPHA QT P1	NO DEMAND	NO DEMAND	0.00	558 EA	\$66,898.62	558 EA	\$66,898.62	Quality issues / ECN	OBsolete	Pending authorization for new PG review	
048	298324-003	PC BOARD, LSPS SER III, DSP	NO DEMAND	NO DEMAND	0.00	19,042 EA	\$61,687.35	19,042 EA	\$61,687.35	ECN 49364	OBsolete	Review with business planning	
048	318346-001	PC BOARD, SOUNDLINK,WIRELESS I	NO DEMAND	NO DEMAND	0.00	34,737 EA	\$49,974.39	34,737 EA	\$49,974.39	Demanc Change	WORK OFF	Rework	
054	327982-1110	SLAB ASSY AV25 CONSOLE AUX PAI	NO DEMAND	NO DEMAND	0.00	1,123 EA	\$48,513.60	1,123 EA	\$48,513.60	ECN	OBsolete	Pending authorization for new	
056	322866-0070	AMP ASSY,6000NXT_V2,ALPHA C7 P1	NO DEMAND	NO DEMAND	0.00	376 EA	\$46,116.72	376 EA	\$46,116.72	Quality issues / Pinta	OBsolete	Keep for ASD Service	
223	326386-0010	TRANSISTOR,N-CH,600V,60A,60R045,	SURPLUS	SURPLUS	\$4,020.98	6,950 EA	\$39,922.54	7,650 EA	\$43,943.51	Demanc Change	SURPLUS		
061	317040-2010	COVER,TOP,CASTING,YIGILANT SILV	SURPLUS	SURPLUS	0.00	1,320 EA	\$42,352.20	1,320 EA	\$42,352.20	Demanc Change	NO DEMAND		
179	262533-002P	SPKR ASSY, 50mm, C3	SURPLUS	SURPLUS	\$435.77	5,715 EA	\$32,768.46	5,791 EA	\$33,204.22	Demanc Change	SURPLUS		
222	147236	EILTER,STEREO MPX,SINGLE TUNED	SURPLUS	SURPLUS	\$6,312.27	103,650 EA	\$23,065.16	132,015 EA	\$29,377.43	Last Time buy	SURPLUS		
179	310466-0010	SPKR ASSY,2" REAR DECK,.60	SURPLUS	SURPLUS	\$281.20	7,736 EA	\$28,623.20	7,812 EA	\$28,904.40	Demanc Change	SURPLUS		
112	317854-1140	SLAB ASSY AV25 CONTROL CONSOL	SURPLUS	SURPLUS	0.00	228 EA	\$28,593.80	228 EA	\$28,593.80	HE Service	NO DEMAND		
048	318344-001	PC BOARD, SOUNDLINK, WIRELESS	SURPLUS	SURPLUS	\$21.05	3,758 EA	\$26,371.05	3,751 EA	\$26,332.10	HE Service	NO DEMAND		
101	257201-008C	AMP ASSY,TK,PROD	NO DEMAND	NO DEMAND	0.00	595 EA	\$25,983.65	595 EA	\$25,983.65	SERVICE	NO DEMAND		
043	254107-001	3C,DVD,PROC,CS98000,POFMOFP	NO DEMAND	NO DEMAND	0.00	2,704 EA	\$25,079.60	2,704 EA	\$25,079.60	SERVICE	NO DEMAND		
223	310756-105	IC, FPGA, 256-P, BGA, 5K LE, -40-100	SURPLUS	SURPLUS	\$13,704.85	1,311 EA	\$10,325.89	3,051 EA	\$24,030.74	Demanc Change	SURPLUS		
043	273953-001	IC,SDRAM,128Mb,3 YVTSOPI	SURPLUS	SURPLUS	\$2,363.10	23,996 EA	\$19,868.57	26,850 EA	\$22,231.67	EOL	SURPLUS	Keep for production	
101	288356-006C	AMP ASSY,7000,SGM930,SU,PROD	NO DEMAND	NO DEMAND	0.00	199 EA	\$21,569.11	199 EA	\$21,569.11	SERVICE	NO DEMAND	Keep for service	
180	278776	Packing,Palet Cap,48 0x45 0x43	NO DEMAND	NO DEMAND	0.00	2,492 EA	\$21,365.81	2,492 EA	\$21,365.81	RECYCLABLE	NO DEMAND		
048	316177-003	PC BOARD,AV,MCINTOR,46,POWER	NO DEMAND	NO DEMAND	0.00	7,141 EA	\$20,768.49	7,141 EA	\$20,768.49	ECN	OBsolete	PG review	
051	265220-001	FOAM,BLANK,180.3mm,SQUARE	NO DEMAND	NO DEMAND	0.00	176,105 EA	\$20,049.54	176,105 EA	\$20,049.54	ECN	OBsolete	Dispose material out of spec	
190	327468-0010	PACKING,PARTSET,RTMB,ESD,8.5K1	NO DEMAND	NO DEMAND	0.00	1,949 EA	\$19,970.29	1,949 EA	\$19,970.29	RECYCLABLE	NO DEMAND		
101	273654-015	AMP ASSY,7000,SU,PROD	NO DEMAND	NO DEMAND	0.00	168 EA	\$19,313.28	168 EA	\$19,313.28	SERVICE	NO DEMAND	Material will be taken for sen	
075	327089-0010	HEATSHIK ASSY, POWER SUPPLY	NO DEMAND	NO DEMAND	0.00	720 EA	\$18,401.90	720 EA	\$18,401.90	NPI	NO DEMAND		
043	265469	IC,SMD,2 V/RE CAN,XCVR,TJA1054	SURPLUS	SURPLUS	\$2,735.73	25,016 EA	\$15,275.10	29,496 EA	\$18,011.83	Demanc Change	SURPLUS		
102	145300	PC BOARD,2 IC,E300	NO DEMAND	NO DEMAND	0.00	517 EA	\$17,009.30	517 EA	\$17,009.30	SERVICE	NO DEMAND	Material at SL5000	
190	278772	PACKING,ASSY,TOTE,48X45X34	NO DEMAND	NO DEMAND	0.00	2,963 EA	\$16,989.49	2,963 EA	\$16,989.49	RECYCLABLE	NO DEMAND		
048	327239-0010	PCB, Hyde, Single Channel, Planar	SURPLUS	SURPLUS	\$15,357.20	0	0.00	11,713 EA	\$15,357.20	Demanc Change	SURPLUS		
190	327477-0010	PACKING, PARTSET, ESD, 15C	NO DEMAND	NO DEMAND	0.00	2,291 EA	\$15,555.00	2,291 EA	\$15,555.00	RECYCLABLE	NO DEMAND		
195	255870-502C	AMP ASSY,2441,J56,PROD,CLO,AAI	NO DEMAND	NO DEMAND	0.00	348 EA	\$14,831.76	348 EA	\$14,831.76	SERVICE	NO DEMAND	Keep for ASD Service	
223	268847-001	IC,RF,TWRX,FRONTEND,2.4GHZ	SURPLUS	SURPLUS	\$3,308.34	9,786 EA	\$11,343.87	12,640 EA	\$14,652.21	Demanc Change	SURPLUS		
222	306655-003	CANM, HDMI, SOCKET	NO DEMAND	NO DEMAND	0.00	73,600 EA	\$14,625.85	73,600 EA	\$14,625.85	Deviation	OBsolete	Purchasing to review	
190	260715-001	LABEL,BLANK,FINAL,ASSY,WHITE	SURPLUS	SURPLUS	\$1,917.65	80,545 EA	\$12,504.63	92,897 EA	\$14,422.28	Demanc Change	SURPLUS		
179	278442-009P	SPEAKER ASSY, 80MM	SURPLUS	SURPLUS	\$5,544.45	1,524 EA	\$8,622.19	2,504 EA	\$14,155.64	Demanc Change	SURPLUS		
048	252124-002	PC BOARD, SOUNDLOCK, AMP, RefH	SURPLUS	SURPLUS	\$133.20	33,244 EA	\$13,418.94	33,574 EA	\$13,552.15	Demanc Change	NO DEMAND	Review effective dates	
043	260330-003	IC, MEMORY, SERIAL, FLASH 8MbIt	NO DEMAND	NO DEMAND	0.00	19,253 EA	\$13,151.76	19,253 EA	\$13,151.76	Demanc Change	NO DEMAND		
048	343182-0010	TRANSISTOR,MOSFET,DUAL,N-CH,9.7	SURPLUS	NO DEMAND	0.00	69,162 EA	\$12,894.73	69,162 EA	\$12,894.73	DEVIATION	NO DEMAND	Review effective dates	
101	267916-009F	AMP ASSY,AVB00,GMT265,SURR,PROI	SURPLUS	NO DEMAND	0.00	211 EA	\$12,873.33	211 EA	\$12,873.33	SERVICE	NO DEMAND	Keep for service	
051	301340-001	TOP,CAST,AVB00	SURPLUS	SURPLUS	\$2,472.13	791 EA	\$10,401.35	979 EA	\$12,873.47	HE Service	NO DEMAND	Dispose of surplus inventory	
054	323618-0110	SLAB,SOUNDLINK,BLUE,TOOTH,TRAN	NO DEMAND	NO DEMAND	0.00	1,293 EA	\$11,598.21	1,293 EA	\$11,598.21	Demanc Change	NO DEMAND		