



UNIVERSIDAD VERACRUZANA

MAESTRÍA EN GESTIÓN DE LA CALIDAD

SEDE: Facultad de Estadística e Informática Xalapa.

LA METODOLOGÍA LEAN SEIS SIGMA, SUS HERRAMIENTAS Y VENTAJAS

4 FEB 2015

TRABAJO RECEPCIONAL
MONOGRAFÍA **BIBLIOTECA**

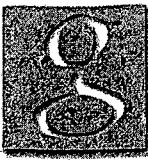
LIC. JAVIER JUÁREZ SÁNCHEZ
UNIDAD ACADÉMICA DE ECONOMÍA
ESTADÍSTICA
UNIVERSIDAD VERACRUZANA

QUE COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER
EL TÍTULO DE ESTA MAESTRÍA
PRESENTA:

**CUAUHTÉMOC IGNACIO HERNÁNDEZ
MARTÍNEZ**

DIRECTOR:
Maestra Yolanda Uscanga Feria

Xalapa, Ver., Diciembre de 2014



C

UNIVERSIDAD VERACRUZANA

maestría en gestión de la calidad

A QUIEN CORRESPONDA:

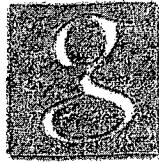
Tal vez que el C. Cuauhtémoc Ignacio Hernández Martínez, egresado de la Maestría en Gestión de la Calidad, ha reunido la aprobación del Director y Lectores de la Monografía intitulada "**La metodología Lean Seis Sigma, sus Herramientas y Ventajas**" esta Coordinación a mi cargo autoriza la impresión de este trabajo.

A petición del interesado y para los fines que a el convenga, se extiende la presente en la ciudad de Xalapa, Veracruz a los 2 días del mes de diciembre del año dos mil catorce.

Mtro. Julián Felipe Díaz Camacho

Coordinador General

x universidad veracruzana
a
l
a
p maestría en
a gestión de la calidad

**C**

universidad veracruzana
maestría en gestión de la calidad

En la ciudad de Xalapa-Enríquez, Veracruz, siendo las once horas del día 02 de diciembre del año dos mil catorce, el Comité Académico de la Maestría en Gestión de la Calidad, Sede Facultad de Estadística e Informática, Xalapa, autorizan la constitución del Jurado para la Defensa del Trabajo Receptacional del C. Cuauhtémoc Ignacio Hernández Martínez, en la modalidad de Monografía, intitulada: "La Metodología Lean Seis Sigma, sus Herramientas y Ventajas". Quedando este jurado conformado de la siguiente manera:

Presidente	Mtro. Julián Felipe Díaz Camacho
Secretario	Mtra. Minerva Reyes Félix
Vocal	Mtra. Lorena Méndez Ortiz
Suplente	Mtra. Marcela Emma Zúñiga Ortega

**DAMOS FE
COMITÉ ACADÉMICO**

Mtro. Gerardo Contreras Vega
Director
Facultad de Estadística e Informática

MIS. María Lina López Martínez
Secretaria Académica
Facultad de Estadística e
Informática

Mtro. Julián Felipe Díaz Camacho
Coordinador General
Maestría en Gestión de la Calidad

Mtra. María Esther García Zamora
Representante Maestra
Facultad de Estadística e Informática

Mtra. Minerva Reyes Félix
Representante Maestra
Maestría en Gestión de la Calidad

Milady Lucia Ruiz Mendoza
Representante alumno
Maestría en Gestión de la Calidad

BIBLIOTECA

LIC. JAVIER JUAREZ SANCHEZ
UNIDAD ACADEMICA DE ECONOMIA
ESTADISTICA
UNIVERSIDAD VERACRUZANA

DATOS DEL AUTOR

1 4 FEB 2015

Cuauhtémoc Ignacio Hernández Martínez nacido el 8 de julio de 1982, en la ciudad de México, inició su formación básica en esta misma ciudad, en la primaria General Felipe Ángeles en donde curso hasta 5º, posteriormente por motivos familiares, tuvo que mudarse con su familia al estado de México en donde concluyo el 6º en la primaria Club de Leones Coyoacán. La educación secundaria la inició en la escuela secundaria técnica No. 82, José María Morelos y Pavón ubicada en Alborada Jaltenco, Estado de México. al concluirá inició con su educación media superior en el CECyTEM ubicado en Ecatepec de Morelos, Estado de México. En donde concluyó la preparatoria y a su vez obtuvo el título de técnico en informática administrativa.

Desafortunadamente un cambio repentino mas se presento ante su vida y que si bien no le resultaba del todo desconocido, una vez más por cuestiones familiares se vio en la necesidad de mudarse a Veracruz, en donde vivió con sus abuelos paternos en Banderilla; en donde al instante se enamoro del bello estado que ahora lo recibía con los brazos abiertos.

Siendo su objetivo primordial continuar con sus estudios universitarios y teniendo la inquietud de estudiar una carrera a fin a las computadoras, decidió presentar examen de admisión en el Instituto Tecnológico Superior de Xalapa en donde fue aceptado y curso la carrera de Licenciado en Ingeniería en Sistemas Computacionales; al concluir con sus estudios, comenzó su carrera laboral en instituciones como INEGI y el ISSSTE en donde le nació la inquietud por seguir preparándose en una ramo administrativo y que a su vez le permitiera, siendo este donde pudiera encontrar un mayor crecimiento profesional y personal, por lo que decidió iniciar un posgrado en Gestión de la Calidad en la Universidad Veracruzana.

BIBLIOTECA

LIC. JAVIER JUAREZ SANCHEZ
UNIDAD ACADEMICA DE ECONOMIA
ESTADISTICA
UNIVERSIDAD VERACRUZANA

Dedicatorias

A Dios, le doy las gracias por permitirme tener una familia extraordinaria, por dejarme alcanzar mis metas, en pocas palabras, por estar conmigo en cada momento.

A mis padres Rosa y Gerardo, que gracias por su amor, consejos y apoyo, que me permitieron concluir con uno más de mis proyectos, pero especialmente les agradezco por permitirme ser feliz con el ser humano que soy ahora.

A mis abuelitas Felipa y Teresa que siempre trataron de guiarme con sus buenos consejos.

A mi hermanita Atenas por brindarme su cariño incondicional.

A mi novia Lizbeth, por estar conmigo en los buenos y malos momentos.

A mi directora la Maestra Yolanda, por guiarme y brindarme su apoyo en todo momento.

A mis sinodales por el tiempo dedicado en la lectura de este trabajo, por los comentarios realizados para la culminación del mismo.

Gracias a mis amigos.

Finalmente a todas aquellas personas que de manera directa o indirecta han formado parte de mi vida.

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN	1
II. DESARROLLO TEMÁTICO	5
II.1 Generalidades	5
II.1.1 Fundamentos de la calidad.....	5
II.1.2 La calidad y el mundo globalizado.....	10
II.1.3 Mejoramiento de la calidad.....	12
II.1.4 Herramientas para el mejoramiento de la calidad.....	13
II.2 La metodología de Manufactura Ebelta	33
II.2.1 Definición de Manufactura Ebelta	33
II.2.2 Origen de Manufactura Ebelta	34
II.2.3 Principios de Manufactura Ebelta	37
II.2.4 Enfoque de la Manufactura Ebelta a la cadena de valor	39
II.2.5 Críticas a la Manufactura Ebelta	42
II.2.6 El éxito para la Manufactura Ebelta.....	42
II.3 Metodología Seis Sigma	44
II.3.1 Antecedentes de Seis Sigma	46
II.3.2 Situación actual de Seis Sigma	47
II.3.3 Estructura humana de Seis Sigma.....	48
II.3.4 Principios de Seis Sigma.....	50
II.3.5 Fases de Seis Sigma.....	52
II.3.6 Enfoque de Seis Sigma	58
II.3.7 Responsabilidades en Seis Sigma	58
II.3.8 Seis Sigma y la Manufactura Ebelta.....	59
II.4 Antecedentes Lean Seis Sigma	60
II.4.1 Lean Seis Sigma, una visión general	61
II.4.2 Ventajas de la integración de la Manufactura Ebelta y Seis Sigma	63
II.4.3 Similitudes entre la Manufactura Ebelta y Seis Sigma	64
II.4.4 Diferencias entre la Manufactura Ebelta y Seis Sigma	66
II.4.5 Contraste entre los enfoques de la Manufactura Ebelta y Seis Sigma	68
II.4.6 Lean Seis Sigma y la metodología DMAIC	69
II.4.7 Ventajas de Lean Seis Sigma.....	74
III. CONCLUSIÓN	75
REFERENCIAS	77

I. INTRODUCCIÓN

Por lo general, cuando en una conversación se habla sobre calidad, erróneamente se piensa que se trata de una moda pasajera y que sólo las grandes empresas son las únicas preocupadas por brindar calidad en sus productos o servicios, sin embargo este no es un tema nuevo y mucho menos pasajero, ya que según el artículo publicado por Ricardo Cuya Vera (2014), llamado “historia de la calidad” menciona que desde los tiempos de los jefes tribales, reyes y faraones han existido los argumentos y parámetros sobre calidad. El Código de Hammurabi (1752 antes de Cristo), declaraba: “Si un albañil construye una casa para un hombre, y su trabajo no es fuerte y la casa se derrumba matando a su dueño, el albañil será condenado a muerte”. Los inspectores fenicios, cortaban la mano a quien hacía un producto defectuoso, aceptaban o rechazaban los productos y ponían en vigor las especificaciones gubernamentales. Alrededor del año 1450 antes de Cristo, los inspectores egipcios comprobaban las medidas de los bloques de piedra con un pedazo de cordel. Los mayas también usaron este método. La mayoría de las civilizaciones antiguas daban gran importancia a la equidad en los negocios y cómo resolver las quejas, aún cuando esto implicara condenar al responsable a la muerte, la tortura o la mutilación y aniquilación. En la actualidad estas prácticas quedaron en el pasado, sin embargo aún se sigue teniendo la creencia de que la calidad es demasiado costosa y que por tal motivo influye en las ganancias producidas por la empresa u organización. De ahí que Quintanilla (1988, pp. 85–95) planteara el concepto de calidad como "eso que todo el mundo entiende, aunque nadie sabe definirlo".

Actualmente se sabe que el buscar la calidad, resulta en una baja en los costos de producción y por lo tanto genera mayores ganancias para las empresas. Por lo que para tratar de desmitificar el concepto, la organización internacional para la estandarización, *International Standard Organization* (ISO) en su norma 8402, define la calidad como: "el conjunto de características de una entidad que le confieren la aptitud para satisfacer las necesidades establecidas o implícitas". Esta definición, junto con la norma ISO 9001:2008 ha permitido la armonización a

escala mundial y ha supuesto el crecimiento del impacto de la calidad en el mercado internacional (Jiménez, 1996).

La gestión total de la calidad ha evolucionado desde Armand V. Feigenbaum que fue quien fijó los principios básicos del Control de la Calidad Total (CCT) en la década de los 50's, con un enfoque en la gestión de procesos, calidad al cliente y el uso de datos y procedimientos sistemáticos para la comprensión y la resolución de problemas. Por lo tanto la gestión total de la calidad busca que: la calidad en los productos y servicios, tenga como consecuencia una baja en los costos de producción y por lo tanto genere mayores ganancias para las empresas, siendo este el principal motivo por el cual las grandes empresas se han dado a la tarea de continuar innovando buscando nuevas metodologías que les permitan optimizar sus ganancias ofreciendo mejores productos y servicios, un ejemplo de esto se dio en la década de los 80's cuando Motorola ayudó al crecimiento de Seis Sigma, y a partir de ahí, se extendió a compañías como *General Electric* y *Allied Signal*. Incorporando la gestión total de la calidad, así como el control estadístico de procesos a un enfoque de fabricación para otras industrias y procesos.

Por otra parte, gracias a la constante búsqueda por alcanzar mayores ventajas con respecto a los competidores Manufactura Esbelta, o dicho en inglés *Lean Manufacturing*, se desarrolló a partir de los conceptos que conforman el sistema de producción *Toyota*: eliminando los residuos de todo tipo, incluyendo el exceso de inventario y una mayor velocidad de proceso. Gracias a esto se logró establecer un enfoque en la definición de clientes de valor y así determinar el momento adecuado, el proceso y el flujo.

El uso de estas metodologías por separado presenta para las organizaciones ventajas tras su implementación, la Manufactura Esbelta por ejemplo como lo menciona Yepes et al., (2013) sirve para mejorar el sistema de trabajo y hacerlo de una manera sostenible, para ello se mantiene en la implementación en una o varias de sus herramientas asociadas, en las diversas áreas de la empresa, beneficiando así no sólo a la empresa, sino también a sus empleados. Siendo algunas de su ventajas más destacadas tras su implementación: la reducción de costos de producción, de tiempos de entrega, de inventarios, mejora en la calidad, menor cantidad de

mano de obra, pero de mejor calidad y eficiencia, disminución de desperdicios (producto de mala calidad, sobreproducción, retrasos, transporte, inventarios, proceso, entre otros).

Por otra parte, según Fuentes (2011), la metodología Seis Sigma tiene el potencial para aumentar la calidad, el rendimiento, la productividad y ventajas competitivas tales como la reducción de los costos, los desperdicios se pueden minimizar y por lo tanto el impacto ambiental disminuye, Los empleados se motivan y se sienten orgullosos de sus logros, las mejoras se mantienen con el tiempo, se crean metas de rendimiento visible y por último, se centra en los datos duros.

Sin embargo, con el paso de los años se evidenció que tanto la Manufactura Ebelta como Seis Sigma presentaban deficiencias que les impedían cumplir satisfactoriamente con los requerimientos de las empresas. La Manufactura Ebelta por ejemplo; presenta la falta de atención al cliente, la falta de autonomía del personal que realiza la metodología y que utiliza tanto procesos como métricas obsoletos. Por su parte Seis Sigma, presenta cierto desinterés por los clientes, sistemas de mediciones inadecuadas y procesos como métricas obsoletos, entre otras.

Con la finalidad de mejorar ambas metodologías, a finales de 1990, tanto *AlliedSignal* y *Maytag* independientemente diseñaron programas que combinan aspectos de ambos. Ademas *Lean* y Seis Sigma mezclaron empleados formados en las dos metodologías, crearon marcos de proyectos que combinan las dos técnicas. Los resultados obtenidos ayudaron a crear consenso en que la mejor metodología consiste en combinar aspectos de ambos.

Por ello, ambas metodologías fueron fusionadas y como resultado se obtuvo el nacimiento de una nueva que proporciona los medios necesarios para mantener los procesos bajo control gracias a la aplicación de los conceptos estadísticos del Seis Sigma, a la vez que aumenta drásticamente la velocidad de los procesos y reduce la inversión de capital, al implementar elementos que componen la Manufactura Ebelta. A esta fusión se le llamó Lean Seis Sigma.

El propósito primordial tras la elaboración del presente trabajo es presentar una monografía en donde se ofrezca una visión más detallada sobre el porqué de la combinación de estas técnicas

permitiendo al lector conocer cuáles son algunas de las ventajas que presenta la metodología Lean Seis Sigma con respecto a sus predecesoras, a demás mencionar brevemente cuáles son sus objetivos, así como también ofrecer una visión general sobre esta metodología y algunas de sus herramientas.

Con la recopilación de información sobre la metodología Lean Seis Sigma, se pretende generar un entendimiento general de la misma en cuanto a su contenido y de mas factores que tengan que ver con ésta, como se mencionó anteriormente está dirigido a los lectores que tengan la inquietud de conocer más sobre este tema y que desean incrementar la eficiencia de la calidad dentro de sus organizaciones.

Para profundizar más sobre el tema de Lean Seis Sigma, la estructura del presente trabajo se compone de cuatro apartados los cuales se desglosan de la siguiente manera:

En el apartado I se realiza un breve preámbulo sobre la metodología Lean Seis Sigma, así como el objetivo que llevo a la realización del presente documento. Mientras que en el apartado II se parte del concepto de calidad, apoyándose de sus definiciones. Y como ha cambiado el contexto en donde se decía que la calidad pasó de ser un lujo a una necesidad explicando cómo ha pasado a ser una característica fundamental que hoy exige el cliente a todos los productos que adquiere. Por otra parte también se describen algunas herramientas para el mejoramiento de la calidad que forman parte de las metodologías Seis Sigma y la Manufactura Esmelta. Se describen las metodologías de la Manufactura Esmelta y Seis Sigma, abordando temas como: su definición, sus orígenes, principios y por último su enfoque.

El apartado III hace referencia a los resultados alcanzados. realizando un compendio de información que ofrece una visión más detallada sobre Seis Sigma y Manufactura Esmelta, sus limitaciones tras su implementación individual, las diferencias existentes entre ambas metodologías y el porqué de la combinación de éstas. Resaltando la importancia sobre la implementación de Lean Seis Sigma en organizaciones nacionales.

II. DESARROLLO TEMÁTICO

II.1 Generalidades

Este trabajo pretende dar una visión más detallada sobre la metodología Lean Seis Sigma y brindarles a las personas que han tomado la decisión de implementar la Manufactura Esbelta o Seis Sigma, una nueva opción que les permita reducir los costos de capacitación e implementación debido a que unifica criterios de ambas metodologías.

II.1.1 Fundamentos de la calidad

La finalidad de darle un sentido homogéneo a la palabra calidad es para eliminar la ambigüedad en el uso de esta, por tanto se presentan las siguientes definiciones:

Etimológicamente procede del vocablo griego *kalos* que significa: bueno, hermoso, noble, honesto, el placer y la felicidad, y del latín *qualitas*, que significa calidad. Si se aplica este término a los productos industriales puede producir confusión por no ser entendido por todos de igual modo; por lo que se le añade un adjetivo: calidad buena, mala, alta, baja, superior, inferior, entre otros, que le aporta el contenido de grado que necesita para que desaparezca la confusión (Kindwell, 1971).

El término castellano calidad está definido por la Real Academia Española de la Lengua como: " Propiedad o conjunto de propiedades inherentes a algo, que permiten juzgar su valor,"(R.A.E. 2014).

Por otra parte la *International Standard Organization* (ISO) en su norma 8402, define la calidad como: "el conjunto de características de una entidad que le confieren la aptitud para satisfacer las necesidades establecidas o implícitas". Esta definición, junto con la norma ISO 9000, ha permitido la armonización a escala mundial y ha supuesto el crecimiento del impacto de la calidad en el mercado internacional (Jiménez, 1996). Por otro lado, hay que destacar la gran cantidad de disciplinas que se han ocupado de ella (Garvin, 1984). De ahí que Quintanilla

(1998), planteará el concepto de calidad como "es uno de esos que todo el mundo entiende, aunque nadie sabe definirlo".

En la actualidad, nadie identifica ya la calidad en base a un lujo, la complicación, el tamaño, la excelencia, el brillo, el peso, o que la calidad es intangible. La calidad es una característica fundamental, que hoy exige el cliente a todos los productos que adquiere; de ahí que los sistemas de calidad hayan experimentado en estos últimos años un gran desarrollo, desde que las empresas descubrieron que era posible conseguir productos de buena calidad sin tener que incrementar los costos para obtenerla, actuando preventivamente y responsabilizando al personal en la obtención de la misma. La calidad se ha convertido en uno de los pilares básicos sobre los que se ha cimentado la competitividad de las empresas; más aún, en un mercado tan competitivo como el actual, donde el fabricar productos sin defectos es un requisito imprescindible para poder trabajar en el mismo.

Si bien la calidad y los sistemas de mejora continua son temas muy polémicos y aún hay mitos o falsas creencias. Existen compañías que creen que la calidad no les atañe, o que creen que ésta es una moda que, como otras, pasará (Adamson, 1989); otras empresas sólo buscan un papel, en donde se certifique que tienen calidad, para su utilización simplemente comercial y para poder lucir en sus catálogos que disponen de productos de calidad. Mientras que algunas creen que sólo es un costo extra y que genera burocracia. Hay instituciones que deciden implantar los sistemas de forma autoritaria, forzándolo. Mientras tanto, otras que creen que la calidad simplemente es una receta que se compra y se toma, y a partir de ese momento todos los problemas de la organización se solucionan de forma milagrosa.

En ambos casos, las expectativas se verán defraudadas, ya que fallará la implantación del sistema de calidad y sus objetivos no se verán cumplidos; entre otras cosas porque no se verán afectadas las actitudes y los valores de las personas que integran la organización, en este sentido Blanco (1995), manifiesta: "un proceso de mejora fundamentado en bases poco sólidas no acostumbra a tener éxito, ya que no se dan las condiciones precisas para el cambio cultural que la organización debe experimentar".

En otras ocasiones, cuando una empresa decide implantar el sistema de calidad sólo lo hace de forma parcial, en algunas de las cuestiones que le parecen más apropiadas. Esto sólo puede llevar a un gran fracaso, ya que para la implantación del sistema de calidad se requiere una visión global, que cambie profundamente la cultura de la organización y afecte a todas y cada una de las actividades (Pérez, 1986), para ello será necesario un periodo de implantación bastante largo.

Las normas ISO 9000, son sólo un modelo para el aseguramiento de la calidad y no abarcan lo que se entiende por una gestión de la calidad total, por lo que sólo asegura al comprador un nivel de calidad adecuado en el bien o servicio que adquiere (Rotgeri, 1996), sin embargo, esto no significa que las empresas que tienen el certificado de ISO 9000 no estén identificadas con los sistemas de gestión de calidad total y con la mejora continua. Aunque, el hecho de tener la certificación no asegura la gestión integral de un sistema de calidad total, ya que el estar certificadas ya es un síntoma de que estas empresas tienen una conciencia mayor de la calidad. Mientras que también pueden existir empresas no certificadas que estén muy involucradas en la gestión de la calidad total. Lo que nunca se debe de permitir es que la certificación sea como un trámite engorroso que hay que soportar porque así lo exigen los clientes; lo cual llevará a pensar que la calidad es sinónimo de algo molesto, caro y burocrático, que exige mucha documentación y que consume mucho tiempo.

En base a lo planteado anteriormente, se difiere con Prado y Fernández (1999) que opinan que para las PyMEs el desarrollo de un sistema de calidad normalmente se entiende como una inversión que incrementa el costo de los productos, pero que se debe de acometer para obtener la certificación en calidad por exigencia de los clientes, y no se aprecian los potenciales beneficios de este proceso. No parece ser así en las empresas del estudio realizado por Climent y Escuder (2001), realizado en empresas que disponen del certificado de calidad ISO 9000 en la Comunidad Valenciana, en el que se pone de manifiesto que aunque sí que hay empresas que se certifican porque se lo exigían los clientes, éstas obtenían mejores resultados que las que no se lo exigía.

Está claro que la mejor forma de operar en una empresa es hacer las cosas bien a la primera y dejar satisfechos a los clientes, tanto internos como externos; mejorando día a día y sin interrupción. Esto hará que las empresas sean más competitivas en un mercado cada vez más globalizado. Si la base de la actividad de una empresa es crear valor añadido, los sistemas de calidad asegurarán que ese valor llegue íntegro al cliente. Por lo tanto, la calidad es un medio fundamental para mejorar los beneficios de las empresas y asegurar su competitividad, mediante la mejora continua y la satisfacción del cliente (Garvin, 1984). El mejor rasgo de excelencia en el servicio al cliente es darle a éste un producto que cubra sus expectativas, que le satisfaga plenamente, ajustado a sus deseos y necesidades. Cuando el objetivo de la organización es la calidad, ésta debe crear una visión de conjunto que oriente a todos los miembros de la organización en sus decisiones hacia un fin común, (Latko, 1988). Para lo cual, será necesario formar a todos los interesados, en estos conceptos y mejorar la comunicación, fomentando la cooperación. La calidad permite fortalecer los contactos entre departamentos y ampliar los horizontes de la gente, para conocer más los departamentos de etapas anteriores y posteriores en el proceso productivo; por lo que se entenderán mejor las necesidades de los clientes internos y se llevará un trabajo enfocado a la empresa y no a un determinado departamento.

Para que el proceso de implantación del sistema de calidad se afiance, hace falta una profunda modificación en la cultura de la empresa (Herbig et al; 1994); para lo cual deben pasar varios años. Esto no significa que no se pongan de manifiesto las ventajas del programa hasta el final de la implantación; ya que, aunque es un cambio lento, las mejoras se verán al poco tiempo de comenzar, pues es un proceso sin fin.

La implementación de una cultura de calidad total (Barbosa, 1993), obliga a desarrollar adaptaciones y cambios filosóficos, estructurales y de estilos de liderazgo en la alta gerencia. Para ello, el primer requisito a considerar será la implicación total de sus líderes y que éstos estén comprometidos con los objetivos de la organización (Castro, 2000). No basta con declaraciones de intenciones, sino que hace falta involucrarse en el proceso de mejora y participar activamente en las actividades.

Los directivos deben de recibir la formación adecuada para poder dominar y saber en qué se comprometen. Los líderes son los responsables de trasmisitir a toda la organización la visión de la calidad, e ilusionar e implicar a todos sus miembros; para ello, tienen que tener una visión muy clara de lo que se quiere conseguir. Tienen que favorecer la participación, delegando responsabilidades. No se debe de ejercer un control rígido sobre los trabajadores. Éstos deben de saber lo que la empresa espera de ellos, para lo cual deben de disponer de los medios que les sean precisos y la autoridad suficiente, así se depositará la confianza en los trabajadores y se podrá valorar su capacidad.

Una visión nueva que aparece en la filosofía de calidad total, es la importancia del cliente interno; Puesto que cada persona en la organización es proveedor de los que le siguen en el proceso productivo y cliente de los que le preceden. Es importante que cada persona conozca cómo y para qué se utiliza el bien o servicio que proporciona. El espíritu de mejora continua, enfoque desarrollado por Juran (1990) e Imai (1986), debe de expandirse entre todos los miembros de la empresa a nivel individual y de grupo. Así, cada uno buscará siempre la manera de ofrecer lo mejor de sí mismo, pensando en aquéllos que reciben los resultados de su labor y procurando adecuarse cada vez más a las necesidades de esos clientes internos.

Otra consideración a tener en cuenta es que los objetivos principales de todas las empresas es obtener beneficios y mantenerse en el mercado, puesto que la calidad es un medio para poder lograrlo, por lo que esta debe de estar acorde con las necesidades de los clientes y no se realicen productos o servicios de calidad superior a la que los clientes exigen, puesto que se estará incurriendo en un desaprovechamiento de los recursos y el cliente no estará dispuesto a pagar ese exceso de calidad. Por lo tanto, la calidad se debe de ajustar a las necesidades de los clientes a los cuales va dirigido el producto y no incluir más calidad de la necesaria, ya que el exceso no será valorado. Pérez Fernández de Velasco (1994), afirma que el precio que el cliente asigna al producto está estrechamente relacionado con el valor que recibe del mismo. Por lo que la empresa debe seleccionar el mercado objetivo y, una vez seleccionado, determinar los niveles óptimos de calidad, servicio al cliente, tiempo de entrega, entre otras.

Los sistemas de calidad actualmente se centran más en los procesos que en los productos. Sin embargo, de acuerdo con la revista CyTA (2014), el concepto de proceso en la actualidad también se ha visto ampliado, pasando del concepto de proceso de transformación al de proceso logístico integrado, el cual incluye la fase de concepción y diseño del producto, aprovisionamiento, producción y distribución del mismo, y va más allá de la entrega al cliente, considerando el uso del producto por el consumidor final, e incluso la eliminación del mismo una vez finalizado su uso. De ahí que las empresas deban tener la suficiente flexibilidad para responder con un costo bajo y un plazo breve a las nuevas exigencias de calidad.

Hoy en día se entiende el concepto de calidad como una de las variables clave en la determinación de los objetivos estratégicos de cualquier empresa que desee permanecer en el entorno competitivo actual. Siendo un factor de diferenciación que debe de estar en los objetivos estratégicos de la organización, mejorando los costos y cumpliendo con las entregas, etcétera.

II.1.2 La calidad y el mundo globalizado

En la constante búsqueda por alcanzar mayores ventajas, hoy en día en mayor o en menor grado, sin importar el sector de las organizaciones, las empresas están siendo presionadas por sus clientes con requerimientos cada vez más estrictos en cuanto al desarrollo e innovación de nuevos productos o servicios, así como mayor variedad de estos, en cuanto a la calidad y la confiabilidad no deben alterar los costos, solicitudes de entrega de lotes más pequeños, más frecuentes y con cláusulas de penalización con cargos de tipo monetario en incumplimientos en tiempos de entrega. Esta situación ha derivado en que las empresas busquen nuevas alternativas para garantizar cumplir con los requerimientos de sus clientes, por lo que una de las principales ha sido el establecimiento de un sistema de gestión de calidad, basándose en las normas internacionales de calidad ISO 9000 ya que permite estandarizar sus operaciones y proporcionar productos y servicios de manera constantes. En la actualidad los entornos de fabricación y de negocios, están llegando a un punto en que la competencia por la supervivencia y la cuota de mercado es una obligación. Y es que, al darle

seguimiento a la economía global, esta mostrará que ser bueno no es suficiente, y por ende, cada organización en el planeta realmente debe esforzarse por alcanzar la excelencia, si quiere competir y mantenerse en el mercado mundial. Por lo tanto, si se realiza una analogía en donde se realice una comparación entre competir en el mercado global y participar en una competencia internacional de natación de 200 metros estilo mariposa, se llegará a la conclusión de que el simple hecho de poder participar en la prueba es difícil y sin embargo varios lo logran, por otra parte, participar y ganar son dos cosas totalmente distintas y es aquí cuando muchos se dan por vencidos o simplemente se dan cuenta de que no son rivales para los competidores más preparados o experimentados y aun que den su mayor esfuerzo entienden que por su falta de preparación sus aptitudes son deficientes y no logran si quiera terminar la carrera.

Lo mismo sucede con las empresas que logran llegar a los mercados internacionales y simplemente no están preparadas ya que son lentas y poco flexibles en su reacción ante los cambios, entre las causas principales de lo anterior se encuentran: la burocracia organizacional que causa lentitud en la toma de decisiones que a su vez es centralizada. Siguen manteniendo inventarios altos, llevan a cabo muchas actividades que no agregan valor tales como inspecciones, transportes, papeleos engorrosos, almacenamientos innecesarios y hasta retrasos en la toma de decisiones, entre otros; existe muy poca comunicación horizontal entre otros departamentos tienden a desgastar al recurso humano imponiendo extenuantes jornadas de trabajo. Por lo tanto para ganar la competencia, se debe minimizar el uso de recursos, volverse más flexibles y cuidar al recurso humano.

Por tal motivo en México empresas como *GE*, *Mabe Quantum* y *Motorola* han adoptado las metodologías de Seis Sigma y la Manufactura Esbelta y aun que éstas surgieron en diferentes décadas continúan aportando a estas empresas mejoras en su calidad, productividad y por lo tanto en su rentabilidad. Desafortunadamente dichas metodologías no han logrado llegar de manera significativa a las pequeñas y medianas empresas (PyMEs), mismas que de acuerdo con datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía, en México existen aproximadamente 4 millones 15 mil unidades empresariales, de las cuales ocupan el 99.8% y

generan 52% del Producto Interno Bruto (PIB) y 72% del empleo en el país (Secretaría de Economía, 2012).

II.1.3 Mejoramiento de la calidad

Para entender mejor a Lean Seis Sigma, primero se debe profundizar en las metodologías que la preceden, ya que de esta manera se puede comprender en qué puntos difieren la una de la otra y en cuáles otros convergen, así como también permite conocer sus herramientas, cuáles son sus enfoques y en resumen por qué se unificaron para dar origen a esta metodología.

Como se ha mencionado, ya existen muchas compañías que cuentan con equipos de Manufactura Esbelta y Seis Sigma asignan proyectos a cada uno, obteniendo buenos resultados, sin embargo han llegado a la conclusión de que la mejor metodología consiste en combinar aspectos de ambas. Tratando de unificar al máximo estas metodologías como lo hicieron a finales del año 1990, *AlliedSignal* y *Maytag* que de manera independientemente diseñaron programas que combinaban varios aspectos de las metodologías antes mencionadas y a su vez cruzaron empleados formados en las dos metodologías, que lograron crear marcos de proyectos que combinan las dos técnicas, que si bien de forma separada, buscan la maximización de la productividad. Sin embargo, unidas bajo una misma metodología, no sólo se orientan a reducir costos, sino también a maximizar la eficiencia en los procesos y, por lo tanto, a que las empresas que la implementen sean más competitivas en sus respectivos mercados al lograr eliminar el desperdicio y mejorar la calidad a no más de 3.4 defectos por millón (CNIC. 2014).

Para lograr lo anterior, muchas empresas están comenzando a implementar la Manufactura Esbelta (*Lean Manufacturing*), que para Castillo (2009), 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. Es decir, reducir desperdicios y mejorar las operaciones.

Otras empresas están implementando Seis Sigma, y a decir de Anthony, (2006) define como una estrategia de negocios y de mejora continua que busca encontrar y eliminar causas de errores, defectos y reducir el costo, mejorando los procesos enfocándose en las variables de importancia crítica para exceder las necesidades y expectativas de los clientes. A su vez esta metodología ayuda a mejorar la calidad en sus productos y a aumentar su productividad, complementando así las normas ISO 9000 que algunas organizaciones han adoptado con la finalidad de reducir costos, así como mejorar su posición competitiva a través de la reducción de la variación en sus procesos, utilizando casi todas las herramientas conocidas en el mundo de la calidad tradicional como gestión de la calidad total o por sus siglas en inglés TQM.

II.1.4 Herramientas para el mejoramiento de la calidad

Los mecanismos para el mejoramiento de la calidad de Seis Sigma y de la Manufactura Esbelta, pueden pasar de ser básicas o elaboradas, dependiendo tanto de la preparación del equipo de trabajo como de la complejidad del problema, sin embargo, según menciona López, (2014), la metodología Seis Sigma utiliza principalmente herramientas estadísticas para mejorar la calidad; estas permiten conocer los problemas en el área de producción y saber el porqué de los defectos. Mientras que las herramientas de la Manufactura Esbelta, son las que llevarán tras su aplicación, a la detección y posterior eliminación de los desperdicios y a su vez al cumplimiento de los distintos objetivos y principios establecidos.

Debido a que cada vez son más las organizaciones a nivel mundial que están pasando de aplicar principios de Seis Sigma y de Manufactura Esbelta a utilizar una combinación de ambas, las cuales dan lugar a una nueva metodología denominada Lean Seis Sigma (la cual combina elementos de ambas metodologías). En los siguientes apartados se describen las herramientas utilizadas por ésta metodología.

Mapeo de la cadena de valor

Los diagramas de mapeo de flujo de valor son útiles para entender cómo se relacionan los distintos departamentos, unidades operativas, etcétera, ante un determinado proceso.

En otras palabras es una técnica para examinar el proceso y determinar a dónde y por qué ocurren fallas importantes. Por lo tanto el mapeo de un proceso es el primer paso a realizar antes de evaluarlo.

Según (Womack et, al., 1996), 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, es decir de principio a fin. La comprensión de cómo varias actividades están interconectadas y donde podrían estar fallando las conexiones o actividades, es decir reconocer el desperdicio y reconocer sus causas. Se realiza: siguiendo los elementos de producción de un producto desde proveedores hasta clientes finales, dibujando cuidadosamente una representación visual de cada proceso en el flujo de material e información esquema de estado actual, mediante la recolección de información en el área de trabajo. Después, se deben hacer una serie de preguntas y dibujar luego un mapa de “estado futuro” de cómo el valor debería fluir. El paso final es preparar y empezar activamente usando un plan de implementación que describe, en una página, como se planea lograr el estado futuro.

Además puede servir como la base para otra mejora de la Manufactura Esbelta. 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 (Maldonado, 2014).

La estrategia de las 5's

Se llama estrategia de las 5's porque representan acciones que son principios expresados con cinco palabras japonesas que comienza por la letra S. Cada palabra tiene un significado importante para la creación de un lugar digno y seguro donde trabajar (Tapping, 2003).

Se empezara con la descripción de las 5's porque constituye el primer paso a realizar para transformar un sistema de producción convencional a un sistema de la Manufactura Esbelta.

Según Rivera (2011), uno de los problemas más evidentes en cualquier proceso de producción es el desperdicio asociado al orden y al aseo, normalmente el 60% del total de tiempo improductivo es usado en actividades causadas por el desorden en la planta y en el puesto de trabajo recoger y sacar la basura, buscar una herramienta o un material perdido, apilar y desapilar cajas, buscar una hoja con órdenes de trabajo, entre otros, el principio básico de un proyecto de optimización es "solucionar primero lo evidente", es decir, enfocar las primeras propuestas de mejora en lograr un ambiente y cultura de trabajo ordenado y limpio, para esto, otra de las herramientas *Lean* son las 5's, este método facilita la transición de una planta a una cultura basada en mantener el puesto de trabajo limpio y organizado aplicando 5 pasos que de acuerdo con, Ortiz (2014) describe como:

Seiri: (Organización). Consiste en identificar y separar los materiales necesarios de los innecesarios y en desprenderse de éstos últimos.

Seiton: (Orden). Consiste en establecer el modo en que deben ubicarse e identificarse los materiales necesarios, de manera que sea fácil y rápido encontrarlos, utilizarlos y reponerlos. un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar.

Seiso: (Limpieza). Una vez el espacio de trabajo está despejado y ordenado es mucho más fácil limpiarlo. Consiste en identificar y eliminar las fuentes de suciedad, asegurando que todos los medios se encuentran siempre en perfecto estado operativo.

Seiketsu: (Estandarizar). Consiste en distinguir fácilmente una situación normal de otra anormal, mediante normas sencillas y visibles para todos, en esta etapa es útil la herramienta Lean llamada "gerencia visual".

Shitsuke: (Disciplina). Consiste en trabajar permanentemente de acuerdo con las normas establecidas. Es también una etapa de control riguroso de la aplicación del sistema mediante una comprobación continua y fiable de la aplicación del sistema 5's y el apoyo del personal implicado.

La integración de las 5's satisface múltiples objetivos. Cada S tiene un objetivo particular:

- Eliminar del espacio de trabajo lo que sea inútil
- Organizar el espacio de trabajo de forma eficaz
- Mejorar el nivel de limpieza de los lugares
- Prevenir la aparición de la suciedad y el desorden
- Fomentar los esfuerzos en este sentido

Por otra parte, el total del método permite:

- Mejorar las condiciones de trabajo y la moral del personal es más agradable trabajar en un sitio limpio y ordenado
- Reducir los gastos de tiempo y energía
- Reducir los riesgos de accidentes o sanitarios
- Mejorar la calidad de la producción.
- Aumentar la seguridad en el trabajo (Ortiz, 2014)

Según Maldonado (2014), esta metodología le ayuda a la Manufactura Ebelta a:

Dar respuesta a la necesidad de mejorar el ambiente de trabajo, eliminando los despilfarros producidos por el desorden, la falta de aseo, las fugas y la contaminación, entre otros. Permite buscar la reducción de pérdidas de calidad, tiempo de respuesta y costos con la intervención del personal en el cuidado del sitio de trabajo, mejorando la estandarización y la disciplina en el cumplimiento de las normas al tener el personal la posibilidad de participar en la

elaboración de procedimientos de orden y limpieza, haciendo uso de elementos de control visual como tarjetas y tableros para mantener ordenados todos los elementos y herramientas que intervienen en el proceso productivo conservando el estado de orden y limpieza del área de trabajo mediante controles periódicos sobre las acciones de mantenimiento de las mejoras alcanzadas con la aplicación de las 5's.

Por otra parte, permite la implantación de otra herramienta de Manufactura Estandarizada llamada limpiar el área. Reduciendo las causas potenciales de accidentes y aumentar la conciencia de cuidado y conservación de los equipos y demás recursos de la compañía.

Trabajo estandarizado

Para que el flujo corra dentro de los procesos que agregan valor, los trabajadores deben ser capaces de producir dentro del *takt time*, Data-driven (2014) dice: es una palabra alemana que significa ritmo, indica el ritmo o paso al que se debe producir para estar en sincronía con la demanda del producto y mejorar consistentemente el tiempo del ciclo de los elementos de trabajo asignado. Lo que se pretende es muy sencillo, nadie desea que un operador mejore el tiempo del ciclo y logre llegar a 45 segundos en una operación mientras su compañero mejoró la operación a 60 segundos. Aquí se busca estandarizar el tiempo del ciclo a 45 segundos y observar que todos hagan el mismo trabajo de la misma manera. Esto se logra implementando el trabajo estandarizado (Villaseñor y Galindo. 2007).

El trabajo estándar tiene su fundamento en la estandarización para propiciar los medios por los cuales, las operaciones de manufactura se realicen siempre de una misma forma. Crear procesos estándar, consistentes y predecibles es un factor que propiciará el control y posterior mejora de los procesos.

Los primeros intentos por estandarizar las operaciones de manufactura, provienen de la utilización de instrucciones de trabajo. Con el paso del tiempo se han incorporado nuevos elementos que hacen posible lograr una estandarización provechosa. Estos elementos son:

- El tiempo *Takt* (TT).
- Secuencia de operaciones estándar.
- Inventario en proceso (WIP).

Se han incluido también formatos de análisis de las operaciones que facilitarán la estabilidad y consistencia de las operaciones:

- Hoja de medición de tiempos.
- Hoja de cálculo de capacidad de proceso.
- Tabla combinada de operación (Lean college, 2014).

Intercambio de herramienta en minutos (SMED)

Se ha definido según Shingo (2014), el SMED como la teoría y técnicas diseñadas para realizar las operaciones de cambio de herramienta en menos de 10 minutos.

El sistema SMED nació por la necesidad de lograr la producción JIT (*Just in Time*), una de las piedras angulares del sistema *Toyota* de fabricación y fue desarrollado para acortar los tiempos de la preparación de máquinas, intentando hacer lotes de menor tamaño.

En contra de los pensamientos tradicionales el Ingeniero japonés Shigeo Shingo señaló que tradicional y erróneamente, las políticas de las empresas en cambios de utilaje, se han dirigido hacia la mejora de la habilidad de los operarios y pocos han llevado a cabo estrategias de mejora del propio método de cambio (Shingo, 2014).

Poka yoke

De acuerdo con Maldonado (2014), es una técnica de calidad desarrollada por el ingeniero japonés Shigeo Shingo en los años 1960's, que significa "a prueba de errores". La idea principal es la de crear un proceso donde los errores sean imposibles de realizar.

La idea básica es frenar el proceso de producción cuando ocurre algún defecto, definir la causa y prevenir que el defecto vuelva a ocurrir. Este es el principio del sistema de producción

Justo a Tiempo. No son necesarias las muestras estadísticas. La clave es ir detectando los errores antes de que se conviertan en defectos, e ir corrigiéndolos para que no se repitan. Como error podemos entender lo que hace mal el trabajador y que después hace que un producto salga defectuoso.

Un dispositivo *Poka-yoke* es cualquier mecanismo que ayuda a prevenir los errores antes de que sucedan, o los hace que sean muy obvios para que el trabajador se dé cuenta y lo corrija a tiempo (Maldonado, 2014).

En cualquier evento, no hay mucho sentido en inspeccionar productos al final del proceso; ya que los defectos son generados durante el proceso, todo lo que se está haciendo es descubriendo esos defectos. Sumar trabajadores a la línea de inspección no tiene mucho sentido, debido a que no hay manera en que se puedan reducir los defectos sin la utilización de métodos en los procesos que prevengan en primer lugar que ocurran los errores.

Para reducir los defectos dentro de las actividades de producción, el concepto más fundamental es el de reconocer que los defectos son generados por el trabajo y que lo único que las inspecciones hacen es descubrir los defectos.

Desde que las acciones son afectadas por las condiciones de las operaciones, podemos concluir que el concepto fundamental de la inspección en la fuente reside en la absoluta necesidad de funciones de control, de que una vez ocurridos los errores en condiciones de operación y ser descubiertos, es el de resolver estos errores y prevenir que se conviertan en defectos (Maldonado, 2014).

Las dos funciones de *poka-yoke* que menciona Horoyuki Hirano (2000) son:

1. Una es la de hacer la inspección del 100% de las partes producidas.
2. La segunda es si ocurren anormalidades puede dar retroalimentación y acción correctiva.

Los efectos de un sistema *poka-yoke* en la reducción de defectos varían dependiendo del tipo de inspección.

Tipos de inspección *poka-yoke*.

- A. Inspección de criterio.
- B. Inspección informativa.
- C. Inspección en la fuente.

Mantenimiento productivo total (TPM)

Mantenimiento Productivo Total (TPM) es la traducción de *Total Productive Maintenance*. El TPM es el sistema japonés de mantenimiento industrial desarrollado a partir del concepto de mantenimiento preventivo creado en la industria de los Estados Unidos (Masaji y Gotoh, 1992).

El Mantenimiento Productivo Total es una de las herramientas de la Manufactura Esbelta, la cual se compone por una serie de actividades las cuales están ordenadas y que una vez que son implantadas ayudan al mejoramiento de la competitividad de una organización industrial o de servicios.

En pocas palabras, se puede considerar como estrategia, ya que auxilia en la creación de capacidades competitivas mediante la eliminación escrupulosa y sistemática de las deficiencias de los sistemas operativos de la organización.

Por otra parte, el TPM le permite a la organización diferenciarse con relación a la competencia, gracias al impacto en la reducción de los costos, en la mejora de los tiempos de respuesta, fiabilidad de suministros, el conocimiento que poseen las personas y la calidad de los productos y servicios finales.

Estas acciones deben conducir a la obtención de productos y servicios de alta calidad, mínimos costos de producción, alta moral en el trabajo y una imagen de empresa excelente. No sólo deben participar las áreas productivas, se debe buscar la eficiencia global con la participación de todas las personas de todos los departamentos de la empresa. La obtención de las cero pérdidas se debe lograr a través de la promoción de trabajo en grupos pequeños,

comprometidos y entrenados para lograr los objetivos personales y de la empresa (Maldonado, 2014).

Lanzala, (2011), nos dice que esta metodología se basada en actividades de: mantenimiento predictivo, mantenimiento preventivo y mantenimiento correctivo.

Complementando lo mencionado previamente, los pilares del TPM son procesos que fundamentan un sistema de producción ordenado. Se implantan siguiendo una metodología disciplinada, potente y efectiva.

De acuerdo con García, I. (2014), los pilares considerados como necesarios para el desarrollo del TPM en una organización son: mejoras enfocadas, mantenimiento autónomo, mantenimiento planificado, mantenimiento de la calidad, TPM en áreas administrativas, seguridad, salud y medio ambiente, educación, entrenamiento y prevención del mantenimiento.

Just in Time

Proviene del sistema de producción de *Toyota* ya que es la base del movimiento *Lean*, es decir, es el resultado final de aplicar el sistema de producción de *Toyota* en todas las divisiones de la compañía. *Lean Manufacturing* es más que la aplicación de herramientas como 5's, *Kaizen*, JIT, entre otras, *Lean* es un sistema completo que incorpora una organización cultural en la cual se requiere alto compromiso de la dirección de la compañía que decida implementarlo.

Lean Manufacturing absorbió los sistemas conocidos en los años 80 como Justo a tiempo (JAT) o *Just in Time* (JIT), desde entonces *Lean* ha evolucionado en los últimos años a la par de los mercados globales pero en esencia conserva los mismos principios (Lean solutions, 2014).

Justo a tiempo (JIT). Es una filosofía que define la forma en que debería optimizarse un sistema de producción. Por ejemplo, tratando de entregar materias primas o componentes a la línea de fabricación de forma que lleguen “justo a tiempo” a medida que son necesarios.

El JIT no es un medio para conseguir que los proveedores hagan muchas entregas y con absoluta puntualidad para no tener que manejar grandes volúmenes de existencia o componentes comprados, sino que es una filosofía de producción que se orienta a la demanda.

La ventaja competitiva ganada, deriva de la capacidad que adquiere la empresa para entregar el mercado el producto solicitado, en un tiempo breve, en la cantidad requerida. Evitando los costos que no producen valor añadido también se obtendrán precios competitivos (ub.edu, 2014).

Kanban

Kanban es un simple pero poderoso sistema de información, que conecta de forma armónica y eficiente los procesos a través de la cadena de producción, entregando los productos correctos en la cantidad correcta y en el momento correcto (JIT), la traducción literal de *Kanban* es señal, (del japonés: *Kanban*, usualmente escrito en *kanji* 看板 y también en *katakana* カンバン, donde *kan*, 看 カン, significa “visual,” y *ban*, 板 バン, significa tarjeta o tablero) (Maldonado, 2014).

Los tipos de *Kanban*

1. *Kanban* de transporte; transmiten de una estación a la predecesora las necesidades de material de la estación sucesora.
2. *Kanban* de fabricación; se desplazan dentro de la misma estación, como órdenes de fabricación para la misma.

El sistema *Kanban* se implementa para:

- ✓ Evitar la sobre-producción
- ✓ Permite trabajar con bajos inventarios
- ✓ Da certeza a los clientes de recibir sus productos a tiempo.
- ✓ Permite fabricar solo lo que el cliente necesita.
- ✓ Es un sistema visual que permite comparar lo que se fabrica con lo que el cliente requiere.
- ✓ Elimina las complejidades de la programación de producción
- ✓ Proporciona un sistema común para mover materiales en la planta (Lean solutions, 2014).

El *Kanban* proporciona una señal como información para producir y recoger, transportar productos; evita producir en exceso sólo por ocupar los equipos; sirve como orden de trabajo para los operadores; evita que se avancen productos defectuosos al siguiente nivel de ensamble; revela la existencia de problemas y sirve como control de los inventarios (Ohno, 1998).

Se utilizan localidades o cuadros *Kanban* entre operaciones de las celdas de manufactura o entre celdas de manufactura o procesos, para regular la diferencia en velocidad de producción entre ellos y de esta forma tener un flujo de producción constante. El proceso se inicia con el pedido del cliente, con el cual se preparan los herramientales y materiales, generando una tarjeta *Kanban* al almacén de producto terminado, quién si no tiene producto, genera a su vez otra tarjeta *Kanban* al operador de la última operación, para indicarle que tiene autorización para producir la cantidad indicada y no más. Si el último operador requiere materiales de procesos anteriores, puede utilizar otra tarjeta *Kanban* de movimiento de materiales para jalarlos, dejando la tarjeta *Kanban* de producción al proceso anterior, y así sucesivamente hasta los proveedores, quienes sólo surten materiales si cuentan con una tarjeta *Kanban* (Lu, 1989).

Kaizen

Es una palabra japonesa compuesta por dos palabras, una *kai* que significa cambio y la otra *zen* que significa bueno, mejor, lo que implica que *kaizen* signifique cambio para mejorar

y, como dicho cambio para mejorar es algo que continuamente debe buscarse y realizarse, el significado termina siendo: mejora continua (Maldonado, 2014).

Kaizen significa mejoramiento. Por otra parte, significa mejoramiento continuo en la vida personal, familiar, social, y de trabajo. Cuando se aplica al lugar de trabajo, *Kaizen* significa mejoramiento continuo que involucra a todos, gerentes y trabajadores por igual (Imai, 1989).

El *Kaizen* parte de la premisa que las personas son el activo más importante de una organización. Se lleva a la práctica por medio del trabajo en equipo y se emplean para ello una serie de técnicas o sistemas. *Kaizen* es una filosofía y al mismo tiempo un sistema que tiene sus orígenes en Japón, y es considerada como un factor fundamental para la competitividad de ese país a nivel mundial. En su moderna y actual esencia comenzó a vislumbrarse y aplicarse a las actividades productivas con posterioridad a la Segunda Guerra Mundial como resultado de la necesidad imperiosa de reconstruir su economía devastada. Además tomó un fuerte impulso con los consejos y asesoramientos de los importantes consultores americanos en materia de calidad: Deming, Juran y Feigenbaum.

Análisis de Varianza, ANOVA

El procedimiento del análisis estadístico denominado análisis de varianza (ANOVA), permite probar la hipótesis que se plantea en un diseño de un factor con dos o más niveles sobre las diferencias entre tratamientos.

El análisis de varianza es la técnica central en el análisis de datos experimentales. La idea central es separar la variación total de la variable respuesta en las partes con las que contribuye cada fuente de variación en el experimento, es decir, se separa la variabilidad debida a los tratamientos y la debida al error. Cuando la primera predomina claramente sobre la segunda, es cuando se concluye que los tratamientos tienen efecto, dicho de otra manera, las medias son diferentes. Cuando los tratamientos no dominan contribuyen igual o menos que el error, por lo que se concluye que las medias son iguales.

El objetivo del análisis de varianza menciona Velasco (2013), es probar la hipótesis de igualdad de tratamientos con respecto a la media de la correspondiente variable respuesta. Cuando un factor tiene k niveles, el problema de comparación de los k efectos se plantea como el contraste de dos hipótesis:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_k$$

$$H_1: \mu_i \neq \mu_j \text{ Para al menos un par } i \neq j$$

En términos de los tratamientos τ_i 's para probar que hay efecto de tratamiento, una prueba de hipótesis equivalente a la planteada en términos de las medias es:

$$H_0: \tau_1 = \tau_2 = \dots = \tau_k = 0$$

$$H_1: \tau_i \neq 0, \text{ para alguna } i$$

Donde τ_i es el efecto del tratamiento i sobre la variable respuesta (Velasco, 2013).

Cuadro de Mando Integral, BSC

El Cuadro de Mando Integral (CMI), también conocido como *Balanced Scorecard* (BSC) o *dashboard*, es una herramienta de control empresarial que permite establecer y monitorizar los objetivos de una empresa y de sus diferentes áreas o unidades.

También se puede considerar como una aplicación que ayuda a una compañía a expresar los objetivos e iniciativas necesarias para cumplir con su estrategia, mostrando de forma continuada cuándo la empresa y los empleados alcanzan los resultados definidos en su plan estratégico.

Diferencia con otras herramientas de *Business Intelligence* según Sinnexus (2014):

El Cuadro de Mando Integral se diferencia de otras herramientas de *Business Intelligence*, como los Sistemas de Soporte a la Decisión (DSS) o los Sistemas de Información Ejecutiva (EIS), en que está más orientado al seguimiento de indicadores que al análisis minucioso de

información. Por otro lado, es muy común que un CMI sea controlado por la dirección general de una compañía, frente a otras herramientas de *Business Intelligence* más enfocadas a la dirección departamental. El CMI requiere, por tanto, que los directivos analicen el mercado y la estrategia para construir un modelo de negocio que refleje las interrelaciones entre los diferentes componentes de la empresa, plan estratégico. Una vez que lo han construido, los responsables de la organización utilizan este modelo como mapa para seleccionar los indicadores del CMI (Sinnexus, 2014).

La Voz del Cliente, VOC

De acuerdo con Fundibeq (2014), la voz del cliente es una herramienta que sirve para alinear todas las actividades de la organización hacia la satisfacción de las necesidades y expectativas de los clientes. Con ella se busca mejorar la coordinación interna, reducir los procesos inefficientes y, en definitiva, aumentar la rentabilidad y la lealtad de los clientes.

Para escuchar la voz del cliente se utilizan en general enfoques cuantitativos: encuestas de valoración y cualitativos: sugerencias y comentarios, técnicas de investigación entrevistas y análisis de los momentos de la verdad.

Una visión global y completa de la voz del cliente podría contemplar, según Fundibeq (2014) lo siguiente:

- Un índice de satisfacción general de los clientes,
- El conocimiento de la satisfacción de los distintos segmentos de clientes,
- Los distintos atributos del servicio y el grado de importancia que el cliente les asigna y
- Un análisis del alineamiento de las acciones de mejora planteadas internamente con las necesidades de los clientes Fundibeq (2014).

Diseño de Experimentos, DOE

En referencia del autor Velasco (2013), el diseño de experimentos o (DOE), por sus siglas en inglés, fue desarrollado en los años 20 por sir Ronald Fisher en el centro de investigación agrícola de campo de *Rothamsted* en Londres, Inglaterra. Sus experimentos iniciales fueron referidos a determinar el efecto de varios fertilizantes sobre diversas parcelas de tierra. La condición final de la cosecha era que no depende sólo del fertilizante, también de otra cantidad de factores (tal como la condición del suelo, el contenido de agua del suelo, entre otros). Fisher utilizó el diseño de experimentos, mediante el cual pudo distinguir el efecto del fertilizante y de los otros factores. Desde entonces el diseño de experimentos se ha aceptado y se ha aplicado extensamente en campos biológicos y agrícolas.

El uso potencial del DOE en los procesos incluye: 1. Mejoras en los procesos de producción y estabilidad, 2. Mejora en la capacidad de procesos, 3. Reducción en la variabilidad de los procesos y por lo tanto una mejor consistencia del funcionamiento de producto, 4. Reducción del tiempo de desarrollo del proceso, 5. Comprensión de la relación entre las entradas y las salidas de proceso, 6. Reducción de defectos, reciclar, repetición de pruebas, etcétera.

Control Estadístico de Procesos, CEP

Como menciona Álvarez (2014), el método general es prescriptivo y descriptivo, no es analítico. Al controlar estadísticamente los procesos no se trata de moldear la distribución de datos reunidos en un proceso dado. Lo que se trata es de controlar el proceso con ayuda de reglas de decisión que localicen discrepancias apreciables entre los datos observados y las normas del proceso que se controla.

Se dice que un proceso está bajo control estadístico cuando sólo se producen variaciones debidas a causas comunes. En otras palabras el objetivo y razón de ser del control Estadístico de Procesos, es ayudar a identificar las causas especiales que producen variaciones en el proceso y suministrar información para tomar decisiones.

Las aplicaciones del control estadístico del proceso según Álvarez (2014) son:

- Se aplica a todo: a las cosas, a las personas y a los actos. Determina y analiza rápidamente las causas que pueden originar desviaciones para que no vuelvan a presentarse en el futuro.
- Existen cuatro factores que deben ser considerados al aplicar el proceso de control: cantidad, tiempo, costo y calidad.
- Su aplicación incide directamente en la racionalización de la administración y consecuentemente, en el logro de la productividad de todos los recursos de la empresa.
- Este control estadístico se puede aplicar en todos los tipos de empresas donde se tiene un conjunto de operaciones materiales ejecutadas para la obtención, transformación o transporte de uno o varios productos.

Herramientas estadísticas

Las herramientas estadísticas permiten alcanzar un conocimiento profundo de las necesidades de los clientes y del comportamiento de los procesos; para diseñar y mejorar procesos, productos y servicios. Ayudando a definir la complejidad del proyecto y sus alcances. A continuación, se presenta una descripción más detallada de éstas.

Diagrama de flujo de procesos

Esta herramienta tiene su origen en la ingeniería y fue profusamente promocionado en el contexto de la diagramación de algoritmos computacionales. El diagrama de flujo es de gran utilidad cuando se requiere identificar la trayectoria actual o ideal que sigue un producto o servicio, con el fin de identificar desviaciones. En general es una poderosa herramienta para conocer y compenetrarse con los procesos, ya que su elaboración implica un análisis cuidadoso de flujos y los subprocesos y fases del proceso en global permite tomar conciencia de cómo se están haciendo las cosas, cómo deberían hacerse, obligando de esta manera a un análisis crítico y objetivo, requisito indispensable para abordar una tarea de mejoramiento. El diagrama de flujo es

una representación gráfica que muestra el esquema general y los flujos del proceso (Zavaleta, 2014).

En la Figura 1 se presenta la forma general, en el cual se presentan los símbolos y convenciones que se utilizan comúnmente. Un aspecto importante en los procesos son las decisiones que se presentan con un rombo en un ciclo, los cuales deben estar claramente establecidos.

Este tipo de herramienta puede ser aplicada en cualquier área por ejemplo en la elaboración de una factura, en el flujo de los pasos necesarios para hacer una venta, así como en la distribución de un producto. También resulta de utilidad para comprender y desarrollar algoritmos eficientes para tareas complejas o describir el frecuentemente de un proceso.

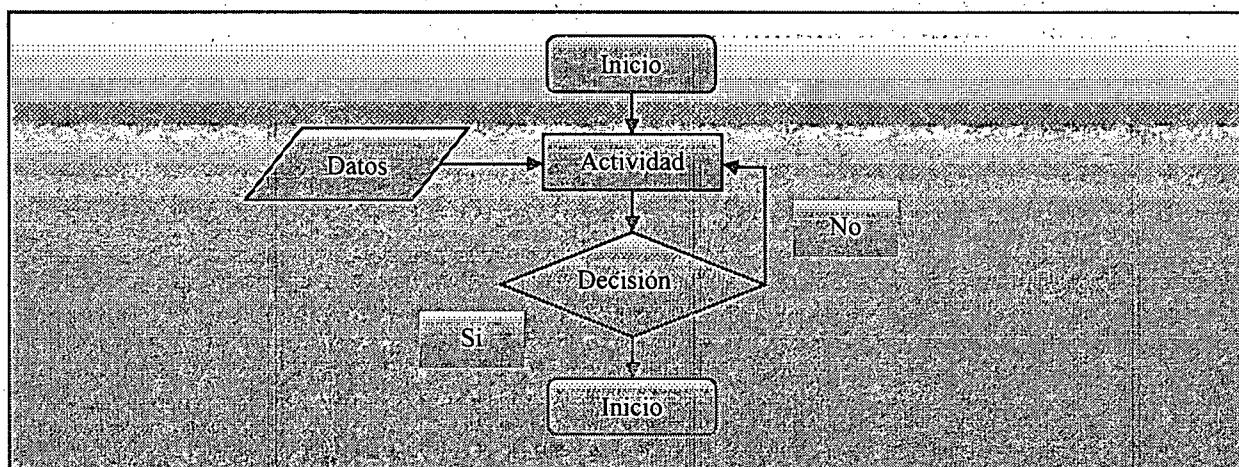


Figura 1. *Diagrama de flujo.*

Diagrama de causa-efecto o fishbone

El diagrama de causa-efecto es una herramienta útil cuando se necesita explorar y mostrar todas las causas posibles de un problema o una condición específica. Se llama también diagrama de espina de pescado, por la forma que toma, ver a en la Figura 2, se presenta un ejemplo de diagrama de causa-efecto.

El diagrama de causa-efecto fue desarrollado para representar la relación entre algún efecto y todas las posibles causas que lo influyen. El efecto o problema es colocado en el lado derecho del diagrama y las influencias o causas principales son listadas a su izquierda.

Los diagramas de causa-efecto se utilizan para ilustrar claramente las diferentes causas que afectan un proceso, identificándolas y relacionándolas unas con otras. Para un efecto hay varias categorías de causas principales, que pueden ser resumidas en las llamadas 4 categorías: personas, maquinaria, métodos y materiales; en el área administrativa es más recomendable usar las 4 pes: pólizas, procedimientos, personal y plantas. Estas categorías son sólo sugerencias, y el diagrama se adapta a la naturaleza y complejidad del problema (Zavaleta, 2014).

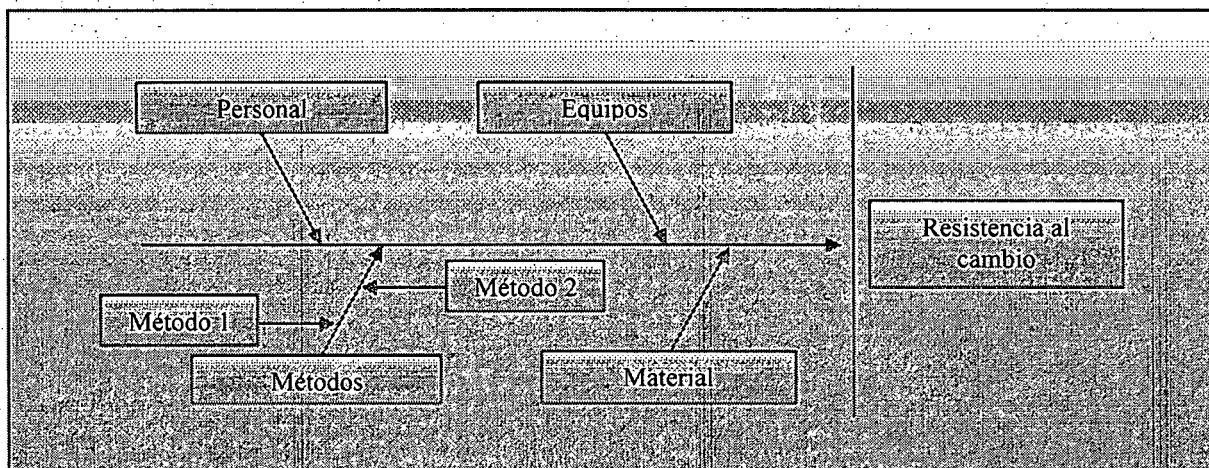


Figura 2. *Diagrama causa-efecto.*

Diagrama de pareto

Es un gráfico de barras que tiene un nombre especial y que se utiliza con el propósito de organizar y de priorizar las causas asociadas a un problema. Este es el llamado diagrama de Pareto.

Un proyecto de mejora tendrá mayor probabilidad de éxito, si está bien planeado. En este sentido, es necesario escoger un problema importante y atacar la(s) causa(s) más relevante(s). La idea es seleccionar un proyecto que pueda alcanzar la mejora más grande con el menor esfuerzo. La herramienta que permite localizar el problema principal y seleccionar la causa más importante de éste, se llama diagrama de Pareto. Este diagrama también es utilizado para localizar áreas de mejora en donde potencialmente el éxito puede ser mayor (Zavaleta, 2014). Ver Figura 3 en donde se muestra un ejemplo de diagrama de Pareto.

Usualmente este diagrama se usa en conjunción con el diagrama de flujo, el diagrama de causa-efecto y la hoja de registro.

La idea anterior de acuerdo con Zavaleta (2014), contiene el llamado principio de Pareto, conocido como ley 80-20 o pocos vitales, muchos triviales. Este principio reconoce que unos pocos elementos (el 20%) generan la mayor parte del efecto (el 80%), el resto de los elementos generan muy poco del efecto total.

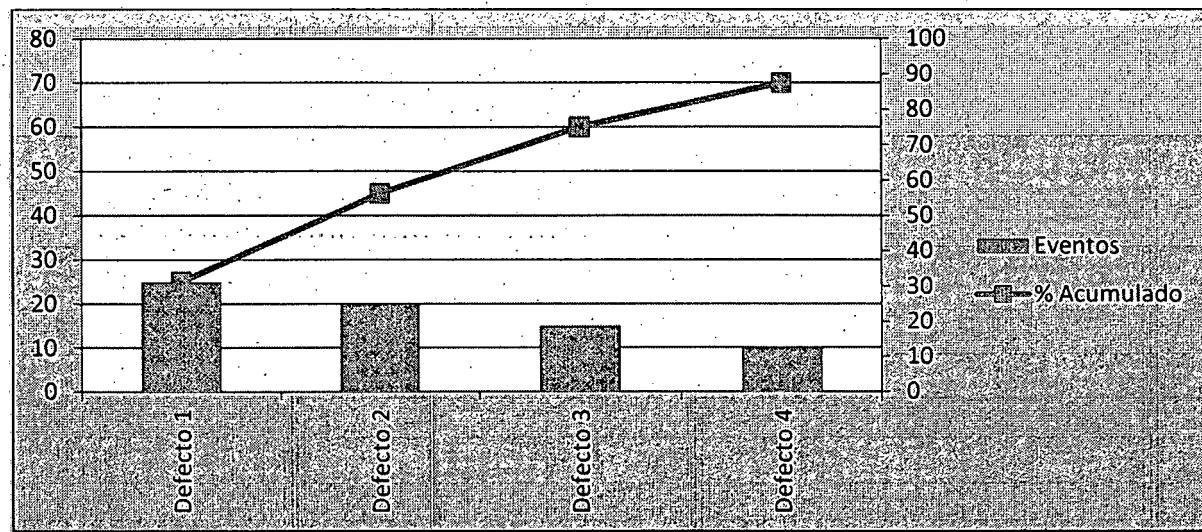


Figura 3. Diagrama de pareto.

Histograma

El histograma es quizá la representación gráfica para datos continuos que más se conoce. En todos los cursos de estadística nos enseñan a elaborar una tabla de distribución de frecuencias y a elaborar un histograma. Para elaborar un histograma debemos tomar algunas decisiones: 1, el número y tamaño de barras y 2, las escalas de los ejes. Normalmente se recomienda seleccionar entre 8 y 15 barras, pero no hay nada definitivo al respecto. Al igual que en el diagrama de tallos y hojas, la elección de las clases determina la visualización de los aspectos sobresalientes de la forma de la distribución de los datos (Zavaleta, 2014).

Con esta herramienta, se observan los datos (defectos y fallas) y se agrupan en forma gausiana conteniendo los límites inferior y superior y una tendencia central. En la Figura 4 se muestra un ejemplo de histograma.

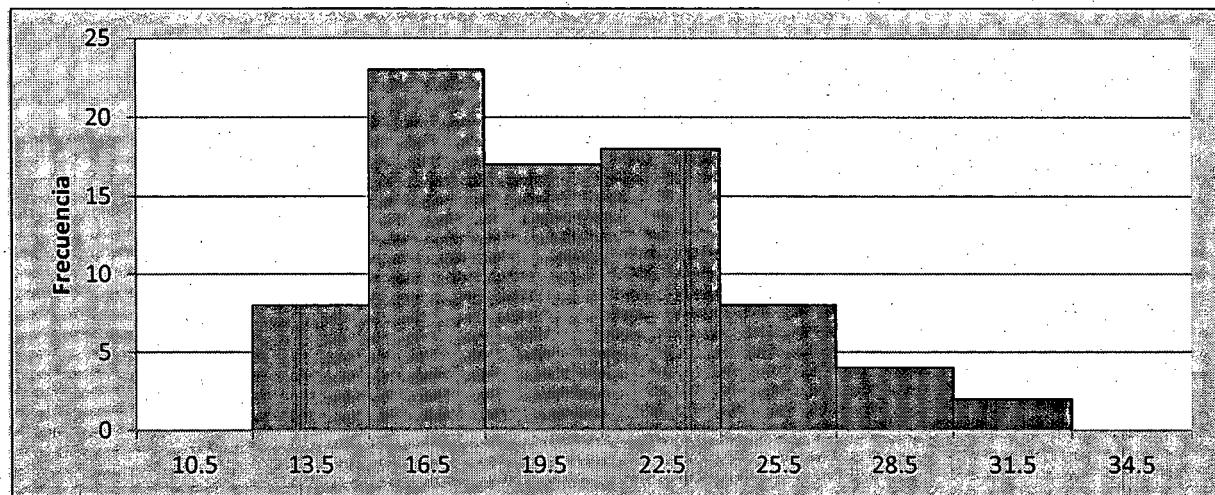


Figura 4 Histograma.

Gráfica de control

Una gráfica de control es un diagrama que sirve para examinar si un proceso se encuentra en una condición estable, o para asegurar que se mantenga en esa condición.

En estadística, se dice que un proceso es estable (o está en control) cuando las únicas causas de variación presentes son las de tipo aleatorio. En esta condición se pueden hacer inferencias con respecto a la salida del proceso, esto es, la característica de calidad que se esté midiendo. En cambio, la presencia de causas especiales o asignables hace que el proceso se desestabilice, impidiendo la predicción de su comportamiento futuro (Zavaleta, 2014).

Con base en la información obtenida en intervalos determinados de tiempo, las gráficas de control definen un intervalo de confianza: Si un proceso es estadísticamente estable, el 99.73% de las veces el resultado se mantendrá dentro de ese intervalo.

Simplificando, las gráficas de control sirven para determinar el estado de control de un proceso, diagnosticando el comportamiento de un proceso en el tiempo indicando si un

proceso ha mejorado o ha empeorado permitiendo identificar las dos fuentes de variación de un proceso sirviendo como una herramienta de detección de problemas. La Figura 5 muestra un ejemplo de grafica de control.

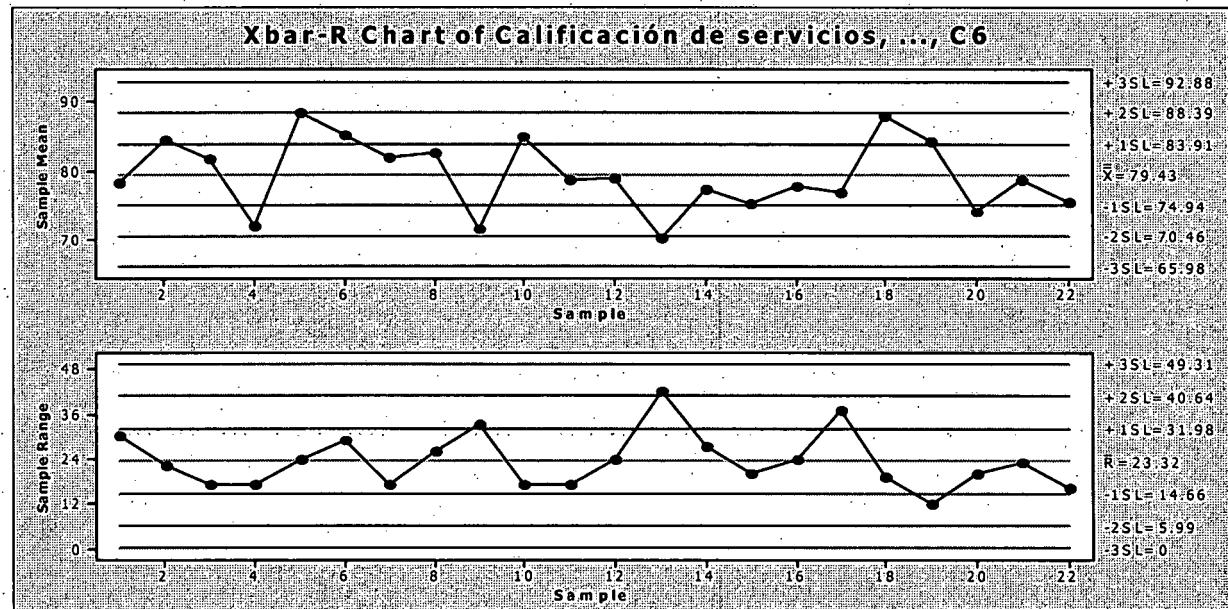


Figura 5. Grafica de control.

II.2 La metodología de Manufactura Esvelta

Un aspecto crucial es que la mayoría de los costos se calculan en la etapa de diseño de un producto. A menudo un ingeniero especificará materiales y procesos conocidos y seguros a expensas de otros baratos y eficientes. Esto reduce los riesgos del proyecto, o lo que es lo mismo, el costo según el ingeniero, pero a base de aumentar los riesgos financieros y disminuir los beneficios. Las buenas organizaciones desarrollan y repasan listas de verificación para validar el diseño del producto.

II.2.1 Definición de Manufactura Esvelta

La Manufactura Esvelta o (*Lean Manufacturing*) es una herramienta de gestión de mejoramiento continuo que disminuye dramáticamente el tiempo entre el momento en el que

el cliente realiza una orden hasta que recibe el producto o servicio, mediante la eliminación de desperdicios o actividades que no agregan valor en todas las operaciones. De esta forma, se alcanzan resultados inmediatos en la productividad, competitividad y rentabilidad del negocio (Lean-esp, 2014).

Sobre la Manufactura Esbelta, dependiendo de la industria, la fuente, y cuanto tiempo la organización ha estado aprendiendo acerca de la Manufactura Esbelta, de ahí que básicamente todo lo concerniente a obtener las cosas correctas en el lugar adecuado, en el momento exacto, en la cantidad precisa, minimizando el despilfarro, siendo flexible y estando abierto al cambio. De acuerdo con Villaseñor (2014), es metodología de trabajo simple, profunda y efectiva que tiene su origen en Japón, enfocada a incrementar la eficiencia productiva en todos los procesos a partir de que se implanta la filosofía de gestión *kaizen* de mejora continua en tiempo, espacio, desperdicios, inventario y defectos involucrando al trabajador y generando en él un sentido de pertenencia al poder participar en el proceso de proponer sus ideas de cómo hacer las cosas mejor.

En resumen la Manufactura Esbelta es una metodología que está libre de desperdicios o ineficiencias y que sus procesos los realiza con el mínimo de recursos necesarios.

II.2.2 Origen de Manufactura Esbelta

Eiji Toyoda (1913 - 2013), el empresario japonés considerado responsable de que el fabricante de coches *Toyota Motors* llegara a ser una potencia mundial y a tener un sistema de producción único y efectivo, 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, ingeniero que diseñó el sistema de producción *Toyota, just in time* (JIT). A quien calmadamente, le asignó 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* (Villaseñor, 2014).

En la Tabla 1, se pueden 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 1. Comparación entre *Ford* y *Toyota* en 1950 (Fuente: Villaseñor, 2007)

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 (desde recibir la orden hasta el cobro).
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*.

Toyota no contaba con la capacidad para ensamblar esa cantidad de autos ni un mercado igual al de Estados Unidos como para tener una línea de ensamble como la de *Ford* en *Highland Park*, pero sin lugar a dudas, estaban decididos a usar la idea original de Henrry Ford sobre el flujo continuo de los materiales entre los procesos y desarrollar un sistema con el flujo de una

pieza entre estaciones, que les permitiera ser lo suficientemente flexibles como para cambiar conforme a la demanda del consumidor y, además, ser eficientes.

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 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 (el otro es el *jidoka*, hacerla con calidad) (Pico, 2014).

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.

Como menciona Pico. M, en su publicación en el blog de gestión de producción y mantenimiento, 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 mantener el sistema de producción *Toyota*.

Estas ventajas competitivas permiten no sólo reducir costos sino también ganar cuota de mercado a la competencia, que produce con tiempos más lentos, costos más altos o menor calidad (wikispaces, 2014).

Estas ventajas competitivas permiten no sólo reducir costos sino también ganar cuota de mercado a la competencia, que produce con tiempos más lentos, costos más altos o menor calidad. Mientras que el cliente en general lo que adquiere no es un producto o servicio sino una solución a sus necesidades.

Los principios de la Manufactura Ebelta según GR-Consultores de Negocios, (2014) para la fabricación eficaz son los siguientes:

- Mejora continua como principio de que todo puede mejorar en cada uno de los pasos del proceso como en la producción en sí, representa un avance consistente y gradual que beneficia a todos, en donde se dinamizan los esfuerzos del equipo para mejorar a un mínimo costo conservando el margen de utilidad y con un precio competitivo cumpliendo con las especificaciones de entregar en el tiempo y en el lugar exacto así como de la entregar en cantidad y calidad sin excederse.
- El flujo en los pasos del proceso debe ser lo más uniforme por lo tanto debe ser continuo optimizando recursos y eliminando lo que no es de valor añadido espacio, capital y gente: minimización del despilfarro.
- Detección y solución de problemas desde su origen eliminando defectos (buscando la perfección) de manera que satisfaga las necesidades del cliente por su alta calidad.
- Procesos *pull*: Producir solo lo necesario en base a que los productos son solicitados o tirados o por lograr la producción del jale del cliente final.
- Desarrollar una relación a largo plazo con los proveedores a partir de acuerdos para compartir información y compartir el riesgo de los costos.
- Cuando los volúmenes de producción sean menores, desarrollar la capacidad de ser flexibles para poder producir ágilmente diferentes misceláneas de gran diversidad de productos.

Los principios anteriormente citados de la Manufactura Esbelta están basados en cinco principios del pensamiento esbelto los cuales según Castillo (2009) son:

1. Define el valor desde el punto de vista del cliente: la mayoría de los clientes quieren comprar una solución, no un producto o servicio.
2. Identifica tu corriente de valor: eliminar desperdicios encontrando pasos que no agregan valor, algunos son inevitables y otros son eliminados inmediatamente.
3. Crea flujo: haz que todo el proceso fluya suave y directamente de un paso que agregue valor a otro, desde la materia prima hasta el consumidor.
4. Producza el “jale” del cliente: una vez hecho el flujo, serán capaces de producir por órdenes de los clientes en vez de producir basado en pronósticos de ventas a largo plazo.
5. Persiga la perfección: una vez que una empresa consigue los primeros cuatro pasos, se vuelve claro para aquellos que están involucrados, que añadir eficiencia siempre es posible.

II.2.4 Enfoque de la Manufactura Esbelta a la cadena de valor

El término *lean* (esbeltez) se enfoca en la reducción de desperdicio, de eliminar todo aquello que no se necesita para manufacturar un producto o servicio y es manifestado en un énfasis al flujo.

Michael Porter, propuso el concepto de cadena de valor para identificar formas de generar más beneficio para el consumidor y con ello obtener ventaja competitiva. El concepto radica en hacer el mayor esfuerzo en lograr la fluidez de los procesos productivos centrales de la industria, lo cual implica una interrelación funcional que se basa en la cooperación (Eguizabal et al., 2006).

A continuación Womack et, al., (1996) nos propone los cinco pasos esenciales en la cadena de valor de Manufactura Esbelta que son: identificar cuales características crean valor, identificar la secuencia de actividades llamadas, la corriente de valores mejorando el flujo, permitir al cliente que consiga el producto o servicio a través del proceso. Perfeccionar el proceso.

Cada uno de los cinco estos pasos de la cadena de valor que se mencionaron con anticipación se describen de acuerdo con Maldonado (2014), de la siguiente forma:

1. Identificar valores. La determinación de cuales características crean valor en el producto es hecho por el punto de vista del cliente externo e interno. El valor es expresado en términos de como el producto específico coincide con las necesidades del cliente, a un precio específico, y en un tiempo específico. Productos específicos o servicios son evaluados, en cuales características añaden valor. La determinación de valores puede ser desde la perspectiva del último cliente o un proceso subsecuente.
2. Identificar la corriente de valores. Cuando un valor es identificado, las actividades que contribuyen al valor son identificadas. La completa secuencia de actividades es llamada corriente de valores. Entonces una determinación es hecha ya sea que las actividades hayan contribuido o no al valor del producto o servicio necesario. Operaciones necesarias son definidas como un prerequisito para otro valor añadiendo actividades que sean una parte esencial del negocio. Un ejemplo de característica sin valor añadido pero como proceso necesario es la nómina. Después de todo, la gente necesita que se le pague. Finalmente el impacto necesario, de una actividad sin valor que tiene el proceso se reduce al mínimo. Todos los otros no-valores añadidos son transferidos fuera del proceso.
3. Mejorando el flujo. Ya que las actividades añadidas y necesarias sin valor añadido son identificadas, esfuerzos de mejoramiento son dirigidos para hacer el flujo de actividades. Flujo es, el ininterrumpido movimiento de un producto o servicio a través del sistema hacia el cliente.
Los mayores inhibidores del flujo son trabajo en espera (haciendo cola), proceso por lotes y transportes. Estas barreras alargan el tiempo del producto o servicio del inicio a la entrega. Las barreras también atan el dinero, que debe ser usado en todos lados de la organización y tapan los efectos del sistema que restringe a otras actividades de desperdicio.
4. Permitir al cliente que consiga el producto/servicio. Después de que el desperdicio ha sido removido y el flujo establecido, los esfuerzos giran a permitir al cliente que consiga el producto o servicio a través del proceso. La compañía debe hacer el proceso responsable,

para proveer el producto o servicio solamente cuando el cliente lo necesita, nunca antes ni nunca después. Al más bajo costo posible dentro de la menor cantidad de tiempo.

5. Trabajando hacia la perfección. Este es un esfuerzo repetido y constante hasta lograr remover las actividades sin valor, mejorando el flujo y satisfaciendo al cliente en las entregas requeridas.

Ya que el enfoque a adelgazar removiendo desperdicio y mejorando el flujo, también tiene efectos secundarios. La calidad se está mejorando. El producto gasta menos tiempo en el proceso, reduciendo los cambios por daño u obsolescencia. La simplificación de los procesos resulta en reducción de la variación. Así como la compañía ve que todas las actividades estén en la corriente de valores, el sistema restringente es removido, y el funcionamiento es mejorado.

La Tabla 2 que a continuación se muestra, presenta en resumen la evolución de Lean con el paso de los años.

Tabla 2. *Evolución del enfoque de Lean* (Fuente: Boaden, 2005)

1980-1990 Célula y Línea	1990-mediados de 1990, Planta de producción	Mediados 1990-1999 Cadena de valor	2000 + Valor del Sistema
Altamente prescriptivo basado en herramientas con enfoque de difusión de las herramientas utilizadas por Toyota.	Altamente prescriptivo mejores prácticas con un enfoque centrado en la calidad	Los principios de Lean, la cadena de valor y Mapeo. El concepto de Lean Enterprise con enfoque en la calidad, costo y entrega. Concepto de "una mejor forma para seguir destacando" nace la pregunta de ¿Qué es lo que Toyota haría?	Contingencia que implica el valor del cliente, la implementación de políticas, el tamaño, la industria, la tecnología se centra en la capacidad de nivel de sistema y procesos integrados

Lean se basa en un enfoque estratégico para el cambio y la mejora. Enfocándose sólo en las herramientas a nivel operativo y en la reducción de los costos, sin obtener todos los beneficios.

Uno de los medios de lean es: hacer más con menos mediante la determinación del valor de cualquier proceso, distinguiendo las etapas de valor agregado de las que no lo tienen, eliminando los desperdicios, de forma que al final de cada paso se añade valor al proceso (Miller, 2005).

II.2.5 Críticas a la Manufactura Ebelta

Sin embargo, después de lo anterior cabe mencionar que la Manufactura Ebelta no es perfecta y como todo método también tiene deficiencias. A continuación (Hines et al, 2004.) las resume las principales críticas hacia ésta como las siguientes:

- Falta de consideración de los factores humanos
- Falta de perspectiva estratégica, al menos hasta hace poco
- Relativa incapacidad para hacer frente a la variabilidad
- Medios de Lean el despido de personas
- Lean es sólo para la fabricación
- Lean sólo funciona en ciertos ambientes, pero es más que un proceso de diseño de fabricación, es un enfoque estratégico

II.2.6 El éxito para la Manufactura Ebelta

La metodología de la Manufactura Ebelta trata sobre la optimización y eliminación de desperdicios, más que de minimizar, debido a que cuando se intenta minimizar algún tipo de desperdicio, algún otro crecerá. Por ejemplo, tratando de minimizar el tiempo ocioso de maquinas, esto puede incrementar el trabajo en proceso como maquinas en sobreproducción. Al final del día el resultado para la organización será negativo. Esto es porque la Manufactura

Esbelta promueve la optimización y eliminación de desperdicio. Este puede ser el concepto principal.

Por otro lado, se está convencido que un proceso correcto de trabajo dará como consecuencia resultados correctos. Esto podría ser una contradicción en la forma convencional de pensar, la cual está siempre enfocada a producir resultados por cualquier motivo.

De acuerdo con Maldonado (2014), esta metodología, se cree en una continua y regular mejora, más que mejoras rápidas. Esto introduce al proceso sustentabilidad y el involucramiento de la gente en todos los niveles, por lo que hay un rol que juegan los trabajadores en la mejora e innovación. Esto no pasa en las formas convencionales de hacer las cosas, donde la innovación y toma de decisiones son responsabilidad completa de los gerentes. Por lo tanto las mejoras continuas en la organización y el involucramiento de los empleados en el proceso de toma de decisiones de la gerencia, motivará a los empleados. Liberando una sinergia organizacional dentro del trabajo que en un fin llegara a ser la fuerza directiva de la organización.

Por lo tanto, la cultura de equipo de trabajo es una de las mayores mejoras que la Manufactura Esbelta promueve para una organización. Dos personas pueden colectivamente dar más resultados que la suma de sus resultados individuales. Esto es promovido a través de incentivos de equipo y reconocimiento del equipo, en vez de la forma tradicional donde a los desempeños individuales se les da más importancia. Por lo tanto la participación de todos los niveles de empleados en la organización en la toma de decisiones es otra de las mayores mejoras que ofrece esta metodología, alejando el miedo e incertidumbre entre el personal y haciendo más fácil trabajar con las decisiones tomadas ya que ellos formaron parte del proceso de decisión.

Las personas a menudo tienen más que ofrecer a la organización, que solo su fuerza física. Ellos tienen cerebro y corazón también. Esta filosofía realmente trabaja en las organizaciones donde la Manufactura Esbelta fue implementada.

La Manufactura Esbelta promueve métodos simples y herramientas para hacer el trabajo. Esto a menudo creando una automatización de bajo costo, métodos más simples de manejo de materiales y simples formas de manejar organizaciones. Logrando así que se pueda ahorrar grandes cantidades de dinero al ser métodos y herramientas de bajo costo y efectivas y eficientes en su uso. Por otra parte, tener maquinaria costosa y sofisticada genera un mantenimiento más alto, más altos niveles de entrenamiento, etc. Sin embargo la automatización de bajo costo es muy bien aceptada desde el punto de vista de los trabajadores. Por otro lado aplicaciones de bajo costo son como hechas en casa y por lo tanto satisface a medida las demandas de las estaciones de trabajo.

De acuerdo con esta metodología también se cree que la gente que hace el trabajo es de hecho quien tiene la habilidad para encontrar soluciones para los problemas en el mismo. Los gerentes y directores siempre juegan un rol de soporte. Por lo tanto es mejor decir a los trabajadores que hacer, pero no como hacerlo. Esto requiere una mejor y pensante fuerza de trabajo, mientras que en una organización ordinaria los gerentes hacen la parte pensante y los trabajadores hacen el trabajo de acuerdo a lo pensado.

Para tener un mejor entendimiento de esto, se debe considerar como un sistema, más que un programa. Así se cubre a organizaciones enteras, no solo las operaciones de manufactura. Lean es independiente del producto o servicio provisto para el cliente. Un sistema Manufactura Esbelta no se enfoca en hacer partes, componentes, o subensambles conformes. No intenta computar el número de partes defectivas. No se enfoca en niveles de inventario, o cuando el material es entregado a las estaciones de trabajo. No se trata acerca de *kanbans*, *Just in time*, o cadenas de valor. La Manufactura Esbelta debe su éxito a la gente, ya que es una metodología que se enfoca en producir gente de calidad (Maldonado, 2014).

II.3 Metodología Seis Sigma

Seis Sigma es una metodología de mejora de procesos, centrada en la reducción de la variabilidad de los mismos, consiguiendo reducir o eliminar los defectos o fallas en la entrega

de un producto o servicio al cliente. La meta de Seis Sigma es llegar a un máximo de 3.4 defectos por millón de eventos u oportunidades (DPMO), entendiéndose como defecto cualquier evento en que un producto o servicio no logra cumplir los requisitos del cliente (Gutierrez, 2009).

Seis Sigma utiliza herramientas estadísticas para la caracterización y el estudio de los procesos, de ahí el nombre de la herramienta, ya que sigma es la desviación típica que da una idea de la variabilidad en un proceso y el objetivo de la metodología Seis Sigma es reducir ésta de modo que el proceso se encuentre siempre dentro de los límites establecidos por los requisitos del cliente.

Obtener 3.4 defectos en un millón de oportunidades es una meta bastante ambiciosa pero lograble. Según Gutiérrez (2009), se puede clasificar la eficiencia de un proceso con base en su nivel de sigma:

- 1 sigma= 690.000 DPMO = 31% de eficiencia
- 2 sigma= 308.538 DPMO = 69% de eficiencia
- 3 sigma= 66.807 DPMO = 93.3% de eficiencia
- 4 sigma= 6.210 DPMO = 99.38% de eficiencia
- 5 sigma= 233 DPMO = 99.977% de eficiencia
- 6 sigma= 3.4 DPMO = 99.99966% de eficiencia

Cabe señalar que los porcentajes obtenidos asumen una desviación del valor nominal de 1.5 sigmas.

Por ejemplo, si se tiene un proceso para fabricar ejes que deben tener un diámetro de 15 ± 1 mm., para que sean buenos para el cliente, si el proceso tiene una eficiencia de 3 sigma, de cada millón de ejes que se fabriquen, 66.800 tendrán un diámetro inferior a 14 o superior a 16 mm., mientras que si el proceso tiene una eficiencia de 6 sigma, por cada millón de ejes que se fabriquen, tan solo 3.4 tendrán un diámetro inferior a 14 o superior a 16 mm.

Dentro de los beneficios que se obtienen del Seis Sigma están: mejora de la rentabilidad y la productividad. Una diferencia importante con relación a otras metodologías es la orientación al cliente (Gutiérrez, 2009).

II.3.1 Antecedentes de Seis Sigma

Es una metodología de mejora de procesos desarrollada por Motorola en el año de 1980, con la finalidad de reducir los defectos en sus procesos. El objetivo primordial era alcanzar un nivel de rendimiento igual a una tasa de defectos de 3.4 defectos por millón de oportunidades dicho de otra forma, alcanzar un medio ambiente prácticamente libre de defectos, es decir un rendimiento de Seis Sigma. Del mismo modo, la metodología Seis Sigma Motorola Inc. surgió a partir de la Gestión total de la Calidad, un elemento central de la ingeniería industrial (Wikipedia, 2014).

Tras el nacimiento de Seis Sigma, Philip Crosby popularizó el concepto de cero defectos como orientación para el control de calidad. Este enfoque establece la meta de resultados que carezcan de errores al 100 por ciento. Crosby sostiene que si se establece un nivel aceptable de defectos, ello tiende a provocar que dicho nivel (o uno más alto) se conviertan en una profecía que se cumple; si los empleados saben que está bien trabajar dentro de un nivel determinado de errores, llegarán a considerar que ese nivel es la norma. Es evidente que dicha norma está por debajo de lo óptimo. Crosby menciona que a las personas se le establecían estándares de desempeño mucho más holgados en sus trabajos que lo que regían sus vidas personales. Ellos esperaban hacer las cosas bien, cuando se trataba de sostener a un bebé, de pagar las facturas o de regresar temprano a la casa correcta. En cambio, en los negocios se les fijaban niveles aceptables de calidad, márgenes de variación y desviaciones. La idea de un porcentaje de error aceptable (a veces denominado un nivel de calidad aceptable) es un curioso remanente de la era del control de calidad. En aquellos tiempos, se podían encontrar maneras de justificar estadísticamente las fallas humanas, sosteniendo que nadie podía ser perfecto. De modo que si el 100% es inalcanzable, ¿por qué no conformarse con el 99%, e incluso con el 95%? Entonces, si se alcanzara el 96.642%, se podría dar una fiesta y celebrar el hecho de haber

superado los objetivos. La cuestión es que el 96.642% significa que de 100.000 transacciones efectuadas por un servicio, 3.358 resultarían desfavorables, como las fallas de uno entre mil paracaídas. Los clientes insatisfechos, aquellos que habrían estado fuera del porcentaje de transacciones perfectas, no regresarían jamás (Escalante, 2014).

Sobre la misma década y adoptando estos conceptos Mikel Harry ingeniero de *Motorola* comienza a influenciar a la organización para que se estudie la variación en los procesos, aplicando técnicas avanzadas de estadística, como una manera de obtener información sobre su estado y la variación de los procesos, para intervenir oportunamente. Estas variaciones son lo que estadísticamente se conoce como desviación estándar (alrededor de la media), la cual se representa por la letra griega sigma (σ). Esta iniciativa se convirtió en el punto focal del esfuerzo para mejorar la calidad en *Motorola*, capturando la atención del entonces Gerente general de *Motorola*: Bob Galvin. Con el apoyo de Galvin, se hizo énfasis no sólo en el análisis de la variación sino también en la mejora continua, estableciendo como meta no más de 3,4 defectos (por millón de oportunidades) en los procesos; algo cercano a la perfección (Monografias, 2014).

Estos resultados se traducen en el incremento de la productividad de un 12.3 % anual; reducción de los costos de no calidad por encima de un 84.0 %; eliminación del 99.7 % de los defectos en sus procesos; ahorros en costos de manufactura sobre los 10.000 millones de dólares y un crecimiento anual del 17.0 % compuesto sobre ganancias, ingresos y valor de sus acciones.

II.3.2 Situación actual de Seis Sigma

Seis Sigma ha ido evolucionando desde su aplicación meramente como herramienta de calidad a incluirse dentro de los valores clave de algunas empresas, como parte de su filosofía de actuación. Y es que aun que esta metodología nació en las empresas del sector industrial, muchas de sus herramientas se aplican con éxito en el sector servicios en la actualidad.

Esta metodología, según Almudéver (2014), representa hoy en día el mejor sistema de mejora continua para los procesos de calidad, bien sean de producción o gestión, muchas son las compañías que han adoptado su metodología, tanto en Estados Unidos como en Europa. Si bien no siempre se puede realizar una implementación integral por la idiosincrasia de la compañía, el lograrlo en algunos proyectos o departamentos consigue que su expansión al resto de la empresa sea irremediable. Es por esto que se ha visto influida por el éxito de otras herramientas, como la Manufactura Esbelta, con la que comparte algunos objetivos y que pueden ser complementarias, lo que ha dado pie a la creación una nueva metodología conocida como Lean Seis Sigma.

Críticas a la metodología Seis Sigma

Las principales críticas de Seis Sigma se resumen a las siguientes según Hines et al, (2004) son:

- No se considera interacción del sistema - proyectos no coordinados
- Mejora de los procesos de forma independiente
- La falta de consideración de los factores humanos
- Importante inversión en infraestructura necesaria
- Más detallado y complicado para algunas tareas
- Es el nuevo sabor del mes
- El objetivo de Seis Sigma (3.4 defectos por millón de oportunidades) es absoluta, sin embargo, esto no siempre es un objetivo adecuado y no necesita ser planteado a todos los casos rigurosamente.
- Sólo se trata de la calidad.

II.3.3 Estructura humana de Seis Sigma

El ingrediente secreto para que esta metodología sea exitosa, radica en la infraestructura que se establece dentro de la organización. Ésta infraestructura, es la que

motiva y produce una cultura llamada Seis Sigma que junto con un proceso de pensamiento en toda la organización, logrando generar un estilo de gerencia basada en conocimientos.

La estructura humana de expertos que trabajaran en los proyectos es la siguiente:

Según Almudéver (2014), nos dice que el soporte y compromiso por parte de la alta gerencia es vital y fundamental, para lo cual se entran y definen los maestros también conocidos como *Champions*, quienes son los dueños de los proyectos críticos para la organización. Las palabras instruyen pero el ejemplo arrastra. Ya que serán estos los encargados de guiar, motivar e incluso de poner el ejemplo al momento de implementar un proyecto Seis Sigma.

Por otra parte para el desarrollo de estos proyectos se escogen y preparan expertos conocidos como: *Master Black Belt*, *Black Belt*, *Green Belt*, quienes se convierten en agentes de cambio para impulsar y desarrollar estos proyectos, en conjunto con los equipos de trabajo seleccionados para los mismos. La Figura 6, muestra la estructura humana de Seis Sigma:

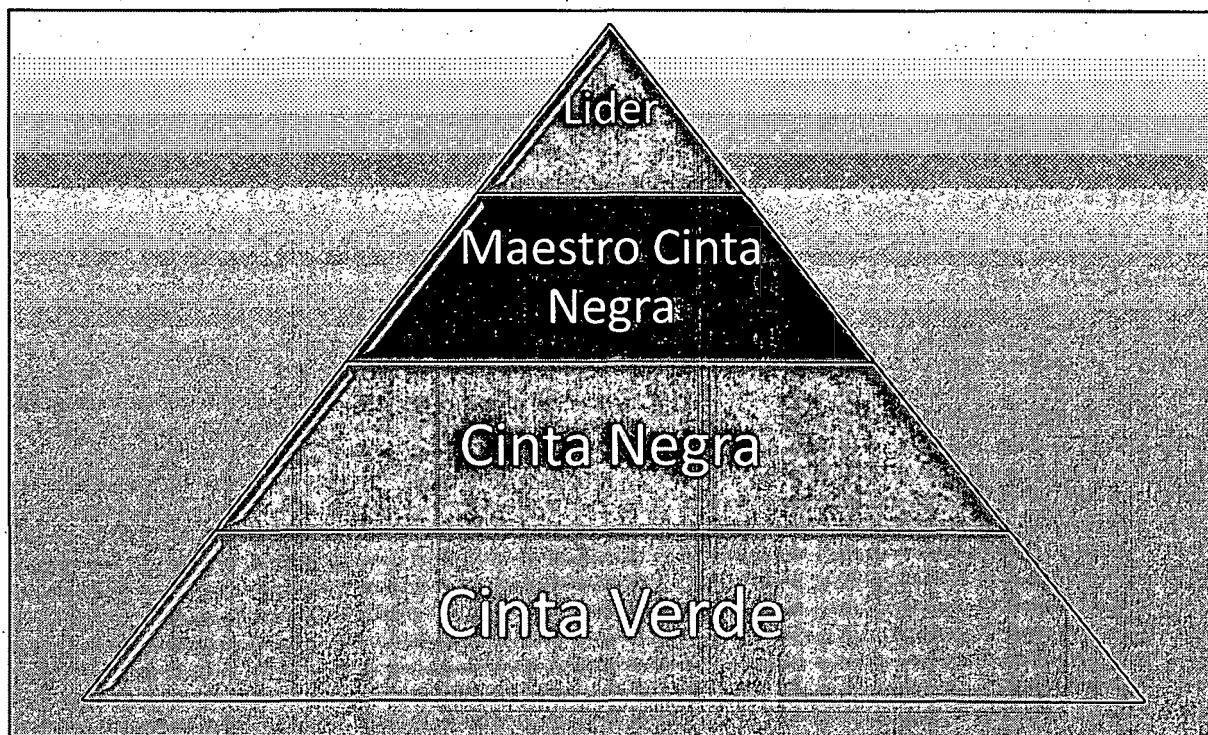


Figura 6. Estructura humana.

El entrenamiento provee a los candidatos con el conocimiento y características para guiar y dirigir la implementación de la metodología Seis Sigma en cualquier organización. Las dos semanas del ciclo de entrenamiento son completados con cinco días de instrucciones en el salón de clases, seguidos por 30 días de aplicación en el trabajo en el proyecto. Las personas encargadas, según Almudéver (2014), de poner en práctica esta metodología son clasificadas por su capacidad de analizar los procesos y se muestran a continuación:

1. Líder (*Champion*): son líderes de la alta gerencia quienes proveen la dirección estratégica, recursos y eliminan los obstáculos o barreras que impiden el éxito del proyecto.
2. Maestros cinta negra (*Master black belt*): No siempre existen. Personal seleccionado y capacitado, que ha desarrollado actividades de cinta negra y coordinan, capacitan y dirigen a los expertos cinta negra en su desarrollo como expertos Seis Sigma. Por lo tanto, son buenos conocedores de la metodología con amplia experiencia en el campo.
3. Cinta negra (*Black belts*): expertos técnicos que generalmente se dedican de tiempo completo a la metodología Seis Sigma. Son los que asesoran, lideran proyectos y apoyan en mantener una cultura de mejora de procesos. Se encargan de capacitar a los y las cintas verdes. también tienen la obligación de encontrar y proponer mejoras.
4. Cinta verde (*Green belts*): expertos técnicos que se dedican en forma parcial a actividades de Seis Sigma. Se enfocan en actividades cotidianas diferentes de Seis Sigma pero participan o lideran proyectos para atacar problemas de sus áreas.

II.3.4 Principios de Seis Sigma

Seis Sigma es una metodología de mejora de los procesos y servicios fundamentada en la toma de decisiones en base a datos. Para ello, existe una propuesta organizacional que se basa de acuerdo con Gutiérrez (2009), en los principios ya que son estos los que dan cuerpo a Seis Sigma y le permiten conseguir que esta metodología se implemente de manera eficaz y por lo tanto implican un cambio en la forma de realizar las operaciones y de tomar decisiones en la organización.

A continuación se describen los principios de la metodología Seis Sigma:

Liderazgo comprometido de arriba hacia abajo. Esta metodología implica un cambio en la forma de realizar las operaciones y de tomar decisiones. La estrategia se apoya y compromete desde los niveles más altos de la dirección y la organización

La metodología Seis Sigma se apoya en una estructura directiva que incluye personal a tiempo completo. La forma de manifestar el compromiso por Seis Sigma es creando una estructura directiva que integre líderes de negocio, de proyectos, expertos y facilitadores. Cada uno de los líderes tiene roles y responsabilidades específicas para formar proyectos de mejora.

Entrenamiento. Cada uno de los actores del programa de Seis Sigma requiere de entrenamientos específico. Varios de ellos deben tomar un entrenamiento amplio, conocido como curriculum de un *black belt*.

Orientada al cliente y enfocada a los procesos. Esta metodología busca que todos los procesos cumplan con los requerimientos del cliente y que los niveles de calidad y desempeño cumplan con los estándares de Seis Sigma. Al desarrollar esta metodología se requiere profundizar en el entendimiento del cliente y sus necesidades. Con base en ese estudio sobre el cliente se diseñan y mejoran los procesos.

Dirigida con datos. Los datos y el pensamiento estadístico orientan los esfuerzos de esta metodología. Los datos son necesarios para identificar las variables de calidad y los procesos y áreas que tienen que ser mejorados.

Se apoya en una metodología robusta. Se requiere de una metodología para resolver los problemas del cliente, a través del análisis y tratamiento de los datos obtenidos.

Los proyectos generan ahorros o aumento en ventas.

La metodología Seis Sigma plantea proyectos largos. Seis Sigma es una iniciativa con horizonte de varios años, con lo cual integra y refuerza otros tipos de iniciativa.

Seis Sigma se comunica. Los programas de Seis Sigma se basan en una política intensa de comunicación entre todos los miembros y departamentos de una organización, y fuera de la organización. Con esto se adopta esta filosofía en toda la organización.

II.3.5 Fases de Seis Sigma

La metodología Seis Sigma para Almudevér (2014), se caracteriza por 5 etapas concretas bien diferenciadas, definir, medir, analizar, mejorar y controlar, lo que se conoce por DMAMC,

Definir, consiste en concretar el objetivo del problema o defecto y validarla, a la vez que se definen los participantes del programa. Mientras que:

- Medir, consiste en entender el funcionamiento actual del problema o defecto.
- Analizar, pretende averiguar las causas reales del problema o defecto.
- Mejorar, permite determinar las mejoras procurando minimizar la inversión a realizar.
- Controlar, se basa en tomar medidas con el fin de garantizar la continuidad de la mejora y valorarla en términos económicos y de satisfacción del cliente.

La Figura 7. Muestra las fases de la metodología Seis Sigma y como estas están conectadas entre sí.

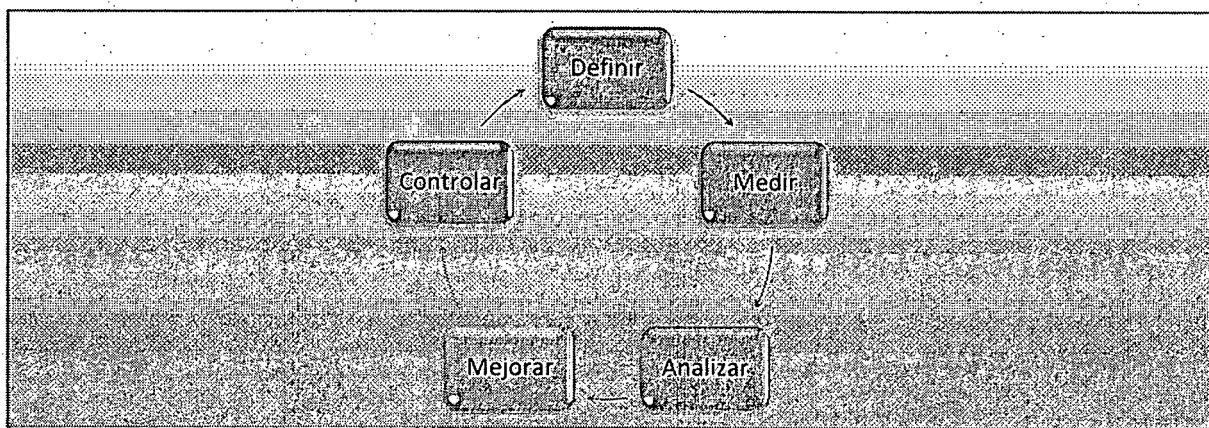


Figura 7. Fases de la metodología Seis Sigma.

Según Alderete (2003). A continuación se desarrollan estas fases describiendo cuales la relación que existe entre cada una de ellas:

Definir

Por definir se entiende la fase en la que asientan las bases del proyecto. Desde el punto de partida del cliente, se centran cuales van a ser los objetivos de la implementación de Seis Sigma, cuál va ser el impacto en la empresa y quienes van a ostentar las responsabilidades. Se establecerá cual es el propósito de la implementación, cuales son los parámetros de inicio y hasta qué nivel se quiere involucrar al equipo.

Mediante un mapa de procesos debe concretarse el ámbito del proyecto, que actividades resultarán implicadas y como se conectarán entre sí, sin dejar de lado la identificación de cada uno de los responsables.

Identificar cuáles son las características críticas para la calidad (CTQ), tanto externas como internas. Siendo las primeras las que rigen por exigencias de los clientes y las segundas las que dan rentabilidad a la compañía. Al fin y al cabo, centrarse en los procesos que mayor importancia puedan tener.

Por último, intentar cuantificar los objetivos que se quieran alcanzar mientras el proyecto exista.

Además de realizar el diagrama de flujos que se ha mencionado, deben de realizarse otro tipo de análisis gráficos que proporcionen elementos de juicio dentro de la fase de definición del proyecto. Como por ejemplo puedan ser los diagramas de Pareto, válidos para resaltar que procesos tienen más importancia dentro del problema. También debe ayudarse mediante el diagrama de Ishikawa ó espina de pez, que analiza los factores que afectan a un problema determinado. Como último ejemplo, mencionar los diagramas de correlación, que muestran la relación entre dos características de calidad de un proceso. Todas estas herramientas se definirán en su apartado correspondiente.

Medir

La fase de medición consiste en localizar el origen de la variación que se está produciendo en el proceso.

Es decir, se trata de acotar las causas que están produciendo los problemas y encontrar la raíz de dichos problemas. Se analiza su dimensión a través de las mediciones del proceso y que datos permitirán su resolución.

En este sentido se convierte en un factor clave la recogida de datos. Esta etapa es la que más recursos suele consumir, puesto que de ello depende en gran medida el éxito de las fases posteriores. Al fin y al cabo, se trata de comprender que factores de los que intervienen en el proceso producen variaciones o defectos y porque, volviendo otra vez a buscar la causa raíz.

Debe volver a utilizarse el diagrama de procesos realizado en la fase anterior, pero esta vez ampliado a los procesos que hemos decidido analizar. Su comprensión permitirá centrarse en las oportunidades de mejora que puedan existir.

Es importante definir cómo van a realizarse las mediciones y sobre todo como van a plantearse para su posterior estudio. Se realizarán distintos tipos de gráficos para la exploración de los datos obtenidos, estos gráficos deben mostrar la dispersión de los valores obtenidos, siempre con referencia a una media o intervalo.

Los más comunes son los histogramas, que analizan los resultados de un proceso para todas las causas. Otro muy utilizado es el gráfico de simetría, que analiza visualmente el grado de simetría de una variable. También se dispone habitualmente de los diagramas de tendencias, que analizan los procesos a través de la evolución del tiempo.

Analizar

“Analizar el sistema con el fin de eliminar la brecha entre el desempeño actual y el objetivo deseado”, (Alderete, et al., 2003).

Gracias a la fase de medir, se ha alcanzado un gran conocimiento del proceso objeto de mejora, así pues, se realizarán las correspondientes revisiones de los objetivos así como los cambios que se estimen oportunos en el enfoque del proyecto.

Con los conocimientos alcanzados y los correspondientes replanteos, es el momento de plantear hipótesis sobre las causas de la variabilidad o errores que se están produciendo en los procesos, incluso donde pueden existir oportunidades de mejora.

Mediante la verificación de las hipótesis planteadas se pretende llegar a identificar de manera científica el origen de los problemas u oportunidades. Como unas variables X_1, X_2, \dots pueden afectar a unas características de calidad o resultados Y_1, Y_2, \dots y como se interrelacionan entre sí.

Utilizaremos instrumentos similares a los de la fase de definir, puesto que se trata de la evolución lógica de la misma fase pero con conocimientos avanzados de los procesos. Los diagramas de Pareto, los de Ishikawa, dispersión, entre otros, son los que mejor representarán nuestros resultados.

Mejorar

Esta fase consiste en aplicar los cambios o las mejoras que se han propuesto en las hipótesis de la fase analizar. El equipo deberá tomar conciencia de que cambios son viables y como realizarlos, asumiendo las decisiones correspondientes.

De todos los posibles cambios en el proceso, se seleccionaran aquellos que mayor incidencia de mejora puedan tener, del mismo modo, deberán evaluarse los riesgos inherentes a las modificaciones realizadas para su análisis en su posterior implantación.

Dentro de la fase mejorar deben incluirse las pruebas piloto que consistirán en realizar algunos experimentos antes de la implementación completa, ello repercutirá en poder verificar a pequeña escala que los caminos elegidos son los correctos.

Por último, se abordará la implementación propiamente dicha, comenzando por su correcta planificación, en la que incidiremos en desglosar las tareas en tiempo y forma, su presupuesto, la matriz de responsabilidades, etc.

Dentro de la implementación se debe tener especial atención en comprobar que los cambios seleccionados cumplen realmente con su cometido y como solucionar las dificultades que puedan aparecer.

Puede darse el caso que la evolución del cambio necesite más tiempo del que realmente hay asignado para la implementación del sistema, por lo que no sería necesario su finalización para cerrar la fase.

Para esta fase deberán modelarse los procesos para estudio entre las variables y elegidas y las características de calidad solicitadas, preferentemente mediante análisis de regresión.

Controlar

Una vez realizados todos los cambios estimados en los distintos procesos del proyecto, el objetivo es garantizar que las variables están dentro de los límites aceptables especificados.

Pero no se trata simplemente de seguimiento y control, esta fase debe dar fin al proyecto y por tanto deber dejarse bien documentado. Todas las fases ejecutadas quedarán reflejadas, desde su entendimiento a sus mejoras pasando por sus mediciones.

Se debe crear el proceso de control para el proyecto, de modo que el seguimiento sea duradero y sin alteraciones externas, de modo que permita la evolución de la mejora. Su correcto funcionamiento debe dar lugar a la mejora continua.

Resulta muy importante cuantificar que se ha invertido y logrado, tanto en valor añadido para los clientes como en valor económico o beneficio. Extremadamente útil es la cuantificación del beneficio si se hace de modo que pueda incorporarse al balance de la empresa.

Dar por cerrado el proyecto es el último paso. Si bien, en un primer periodo de tiempo, concreto según el proceso, debe hacerse un seguimiento cercano para controlar su evolución.

Las herramientas que ayudarán en esta fase serán sobre todo las gráficas de control, tanto por variables, que controlan características cuantitativas, como las de por atributos, que controlan las características cualitativas.

Sin embargo, debido a las diferentes naturalezas de los procesos en lo que la Seis Sigma puede ser implementada es necesario adaptar la metodología tomando en cuenta las fases siguientes.

Fases alternativas

Aunque el ciclo de Seis Sigma es bastante claro, DMAMC, existen determinados tipos de proyectos que por sus características es conveniente realizar alguna alteración del ciclo que permitan una mejor adecuación, sobre todo cuando se trata de nuevos procesos.

Entre estas alternativas nos encontramos principalmente con DMADV, siendo las tres primeras iniciales idénticas al método ya explicado y correspondiendo la segunda D a *Design* y la V a *verify*.

Así pues, *design* se refiere a definir el proceso en detalle, no a mejorarlo como anteriormente si no a realizar un nuevo diseño, esto es fácilmente aplicable cuando se empieza de cero en un nuevo proyecto. Recordemos que siempre desde el cumplimiento de las expectativas del cliente.

Por otro lado, *verify*, comprueba que el diseño se adapta a las características definidas en los objetivos (Almudevér, 2014).

II.3.6 Enfoque de Seis Sigma

La filosofía Seis Sigma busca ofrecer mejores productos o servicios, de una manera cada vez más rápida y a más bajo costo, mediante la reducción de la variación de cualquiera de los procesos. Quesada (2014), dice que aunque a muchas personas les ha costado entender, una de las grandes enseñanzas del Deming fue buscar el control de variación de los procesos lo cual es medido por medio de la desviación estándar. Decía Deming: “el enemigo de todo proceso es la variación, por lo que es ahí en donde debemos concentrar el esfuerzo hacia la mejora continua”, pero sobre todo porque “La variación es el enemigo de la satisfacción de nuestros clientes”.

Por otra parte Gutiérrez (2009), dice que ésta metodología está orientada al cliente y con enfoque a los procesos. Otras de las características clave de Seis Sigma es buscar que todos los procesos cumplan con los requerimientos del cliente (en cantidad o volumen, calidad, tiempo y servicio) y que los niveles de desempeño a lo largo y ancho de la organización tiendan al nivel de calidad Seis Sigma.

De aquí que al desarrollar la estrategia Seis Sigma en una organización, se tenga que profundizar en el entendimiento del cliente y sus necesidades, y para responder a ello, es necesario revisar de manera crítica los procesos de la organización. A partir de ahí, es preciso establecer prioridades y trabajar para desarrollar nuevos conceptos, procesos, productos y servicios que atiendan y excedan las expectativas del cliente.

II.3.7 Responsabilidades en Seis Sigma

Para una exitosa implementación de Seis Sigma se deben seguir prácticas sensatas de personal y en metodologías técnicas. Para la implementación de Seis Sigma se deben seguir las siguientes prácticas de personal:

1. Líderes ejecutivos comprometidos con Seis Sigma y que promuevan en toda la organización sus actividades. Líderes que se apropien de los procesos que deben mejorarse.

2. Capacitación corporativa en los conceptos y herramientas de Seis Sigma. Todos los trabajadores que llevaran a cabo labores de Seis Sigma sin excepción deberán estar capacitados de acuerdo al currículo Seis Sigma.
3. Determinación de la dificultad de los objetivos de mejoramiento.
4. Refuerzo continuo y estímulos. Debe existir una completa disposición por parte de los trabajadores, por lo que es de suma importancia que se estimule al personal contantemente (Chase, et al., 2009).

II.3.8 Seis Sigma y la Manufactura Esbelta

Dado que muchos proyectos no cumplen las expectativas del cliente o no alcanzan las metas de productividad debido a su lentitud, la estrategia Seis Sigma se apoya de manera especial en las ideas y metodologías ligadas a lo que se conoce como Manufactura Esbelta. De hecho, existen libros que presentan la estrategia Seis Sigma reforzada con la metodología de Manufactura Esbelta utilizando el nombre en inglés de Lean Seis Sigma. En este contexto, el objetivo de ésta metodología es reducir las actividades innecesarias, es decir las que no agregan valor, a fin de disminuir los reprocesos y el tiempo de ciclo, ahorrar costos e incrementar la capacidad de los recursos más valiosos en el proceso. Para poder cumplir con esto hay un punto de arranque muy sencillo: identificar los desperdicios y hacerlos visibles.

Para lograr que un proceso sea esbelto, más que buscar la respuesta en una técnica en particular, la clave está en establecer principios básicos que guien los esfuerzos y acciones enfocados a quitar aquellas actividades que no agregan valor a la cadena en otras palabras la lentitud, las actividades innecesarias, los atascos, etc. Estos principios proporcionan una guía para la acción, para que los esfuerzos en las empresas puedan superar el caos y la lentitud diarios de los procesos masivos. Los cinco principios son (Womack, 1996): 1. Especificar el valor para cada producto determinado qué se agrega; 2. Identificar el flujo del valor para cada producto (en qué etapas se va agregando); 3. Agregar valor en flujo continuo, sin interrupciones; 4. Organizar el proceso para que sea el cliente quien jale valor desde el productor *kanban*; 5. Buscar la perfección.

Por otra parte un concepto fundamental del proceso esbelto es el de muda, una palabra japonesa que quiere decir pérdida, por ejemplo: errores que necesariamente tienen que corregirse, es decir producir artículos en exceso para inventariarlos y posteriormente apilarlos. Estas etapas y actividades de los procesos realmente no son necesarias, así como el movimiento de empleados y de bienes de un lugar a otro sin ningún propósito. Grupos de gente parada, en espera porque el proceso anterior no envió su trabajo a tiempo.

Por otra parte, los bienes y servicios que no satisfacen las necesidades del consumidor; Taiichi Ohno (1912-1990), ejecutivo de *Toyota*, identificó estos tipos de mudas e identificó que el concepto de muda está muy relacionado con el concepto de desperdicio en justo a tiempo: todo lo que sea distinto de los recursos mínimos absolutos de materiales, máquinas y mano de obra necesarios para agregar valor al producto (Hay, 1988). Cabe resaltar que existen mudas por todos lados, y un buen antídoto para la muda es la Manufactura Esbelta, ya que suministra una forma de especificar el valor, alinear las acciones creadoras de valor en la mejor secuencia, realizar estas actividades sin interrupciones y realizar éstas cada vez más efectivamente (Gutiérrez, 2009).

II.4 Antecedentes Lean Seis Sigma

Con el paso de los años se le ha dado más importancia a una de las herramientas de las que se compone esta metodología Seis Sigma y es que si bien no es una metodología que sea anticuada, si se desea complementar para tener mejores resultados, esta se debe complementar con otra herramienta y para una organización esto se traduce en más tiempo para la implementación, para la certificación y por ende más dinero, por lo que no todas las empresas tienen la capacidad de implementar más de dos metodologías.

Sin embargo en el mundo la metodología Lean Seis Sigma se está implementando cada vez más, un ejemplo de esto es el servicio nacional de salud Inglés (NHS) es el sistema de atención médica más grande en el mundo. Su presupuesto anual es de más de £ 70 mil millones y emplea a 1.3 millones de empleados. El año pasado, hubo 325 millones de

consultas de los pacientes con los médicos de atención primaria y enfermeras. Más de 13 millones de personas asistieron a la primera cita con el especialista en el hospital y 14 millones de personas asistieron al servicio de urgencias (NHS, 2014).

El NHS está en el medio de un programa de 10 años de un cambio transformador. El objetivo es proporcionar un servicio de salud y la atención sanitaria que responda a las necesidades de toda la vida de los ciudadanos de Inglaterra. Objetivos ambiciosos se han establecido para reducir la carga de la enfermedad y mejorar los resultados de la atención de: reducir los ingresos hospitalarios mediante el apoyo a las personas con condiciones a largo plazo en la gestión de su propio cuidado y por la prestación de servicios de prevención, basadas en la comunidad; para mejorar la calidad y seguridad clínica; para mejorar el acceso a la atención, eliminar las desigualdades en salud y eliminar los retrasos.

Por un lado, se requiere nada menos que el rediseño fundamental del sistema de salud. En otro nivel, se necesita la mejora continua gradual de los servicios existentes. Se han probado y utilizado una amplia gama de estrategias de mejora en la búsqueda para crear un cambio más rápido, más eficaz. Esto ha incluido Lean Seis Sigma, los cuales han dado resultados prometedores, sobre todo cuando se combina con otras herramientas y técnicas.

II.4.1 Lean Seis Sigma, una visión general

Lean es un enfoque que busca mejorar el flujo en la cadena de valor y eliminar los residuos, es decir, se trata de hacer las cosas rápidamente mientras que Seis Sigma utiliza un potente marco (DMAIC) y herramientas estadísticas para descubrir las causas fundamentales para entender y reducir la variación, tratando de hacer las cosas bien y sin defectos.

Por lo tanto una combinación de ambas metodologías, proporciona una filosofía de mejora que incorpora herramientas basadas en datos de gran alcance para resolver problemas y crear una rápida mejoría de transformación a un costo menor.

La clave es encontrar la combinación óptima de ambos enfoques. Por ejemplo, la adopción de la idea de Lean de centrarse en lo que agrega valor y el uso de herramientas de Seis Sigma para ayudar a entender y reducir la variación, cuando se acordó la cadena de valor.

La Figura 8, muestra la evolución desde los orígenes de las metodologías de Manufactura Esbelta y de Seis Sigma y como con el paso de los años estas convergen hasta dar como resultado el nacimiento de lo que hoy en día se conoce como Lean Seis Sigma.

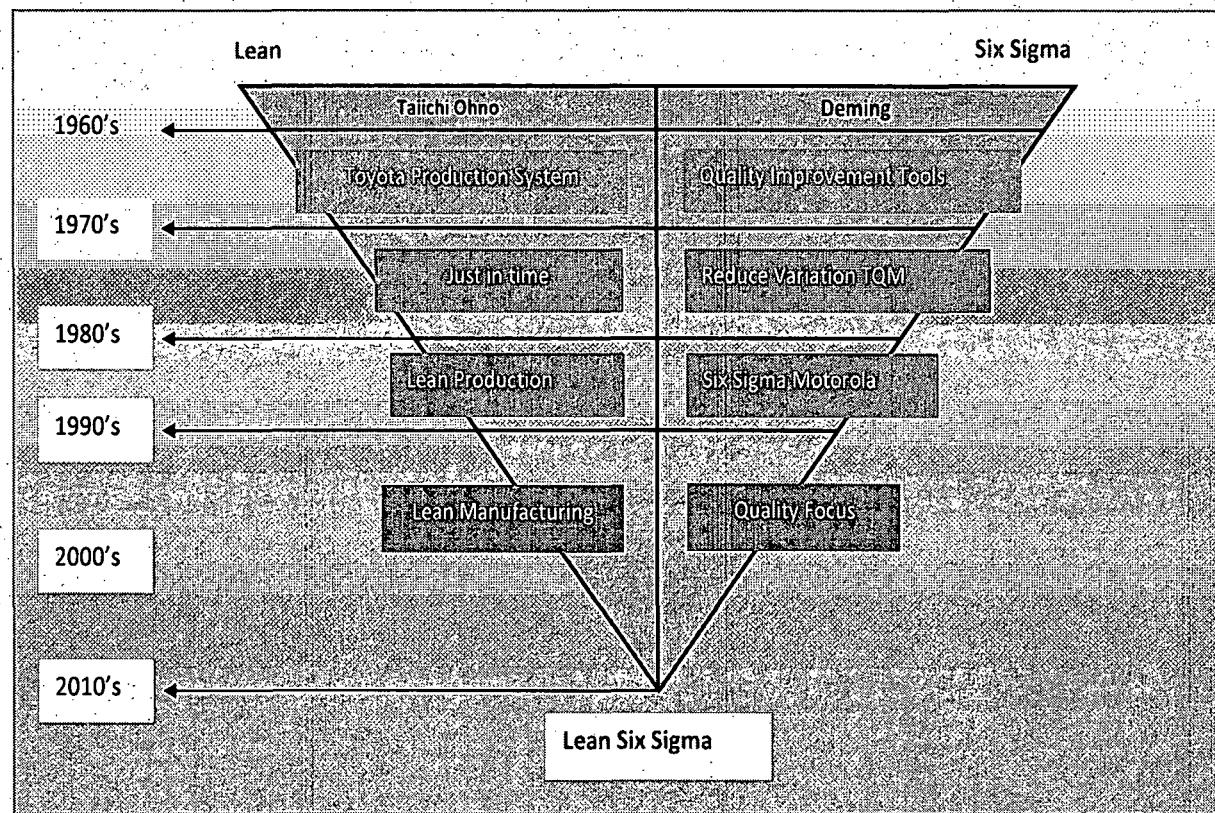


Figura 8. Historia de lean y Seis Sigma (Fuente: Leansigma.com. 2014).

A nivel mundial, muchas de las organizaciones industriales, están adoptando una estrategia de Lean Seis Sigma. Esto es particularmente cierto para las organizaciones que se concentraron previamente en Seis Sigma. Como por ejemplo *General Electric*, uno de los pioneros en el uso de Seis Sigma, en la actualidad está incorporando un enfoque Lean Seis Sigma para lograr cambios transformadores, rápidos a un menor costo (NHS, 2014).

II.4.2 Ventajas de la integración de la Manufactura Esbelta y Seis Sigma

La integración de la Manufactura Esbelta y Seis Sigma de acuerdo con la NHS (2014), crea una situación ganar-ganar, ya que esta filosofía proporciona la estrategia y crea el ambiente para mejorar el flujo y la eliminación de desperdicios, animando al personal facultado para mejorar continuamente creando valor añadido, oportunidades que de otro modo no serían identificados. Por otro lado Seis Sigma ayuda a cuantificar los problemas, toma decisiones basadas en la evidencia, esto evita la pérdida de tiempo en la evidencia anecdótica, ayuda a entender y reducir la variación e identifica las causas profundas de la variación, y encontrar soluciones sostenibles. Además, cuantifica los beneficios y ahorros financieros. Esto ayuda a centrar los esfuerzos en las áreas que ofrecen el mayor potencial de mejora.

Una combinación de ambos puede proporcionar la filosofía y las herramientas eficaces para resolver problemas y crear una rápida mejoría de transformación a un costo menor. Potencialmente, esto podría aumentar la productividad, mejorar la calidad, reducir costos, mejorar la velocidad, la creación de un entorno más seguro para los pacientes y el personal y superar las expectativas del cliente.

La Figura 9 muestra de manera gráfica cuales son los puntos clave que le permiten a cada metodología cumplir con sus enfoques de mejora, centrándose La Manufactura Esbelta en la cadena de valor y en la eliminación de los residuos, logrando mejorar la eficiencia y la velocidad. Mientras que Seis Sigma se enfoca en la eliminar los defectos así como también en la reducción de la variación en los procesos, alcanzando en pocas palabras, logrando mejorar la eficacia. Demostrando así las ventas tras la integración de estas metodologías.

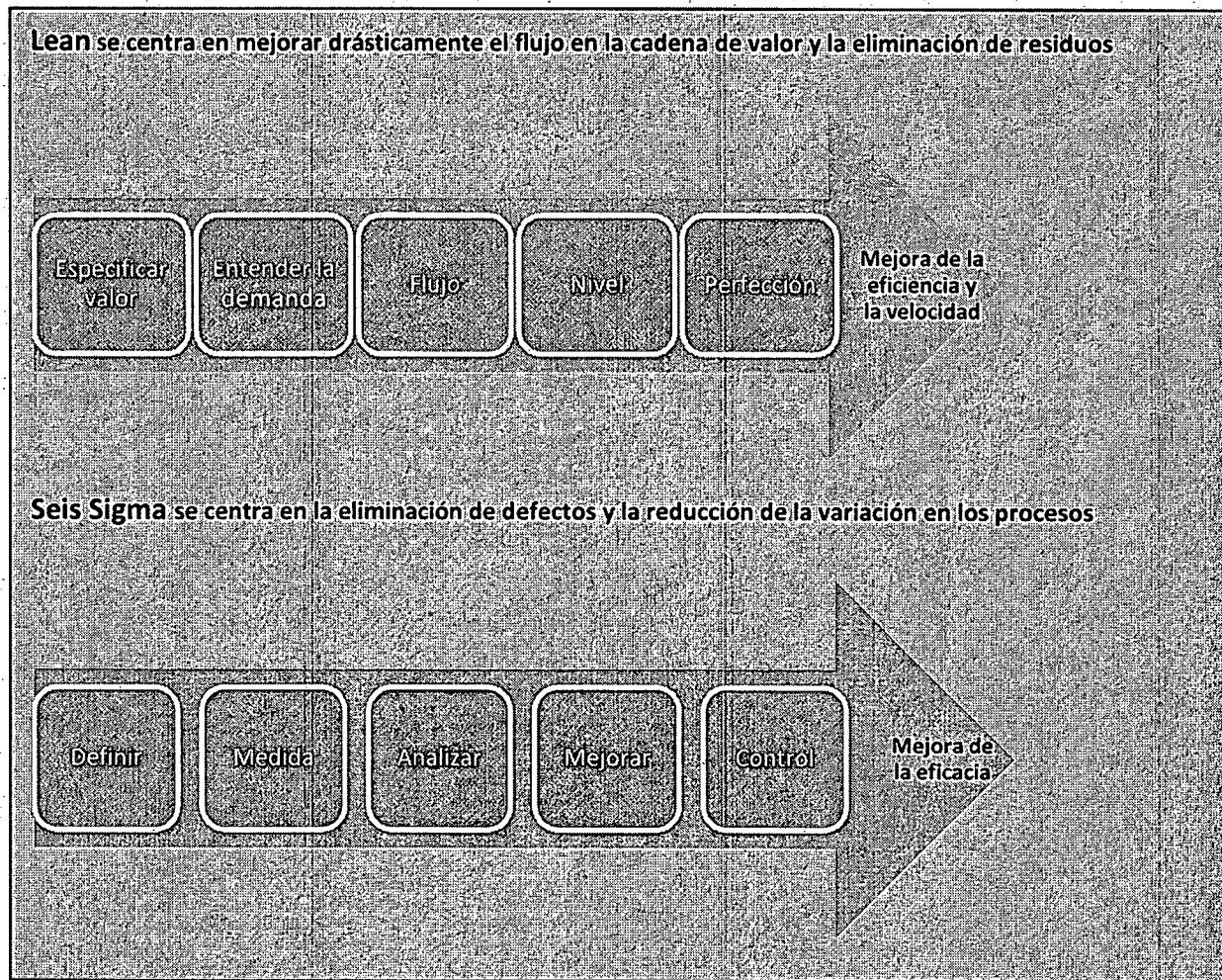


Figura 9. *La integración de los dos enfoques de mejora* (Fuente: Instituto Juran, 2014).

II.4.3 Similitudes entre la Manufactura Esvelta y Seis Sigma

Como se menciona en el artículo *some basic concepts* realizado por la *National Health Service*, La Manufactura Esvelta y Seis Sigma son ambas metodologías de mejora de procesos centrados en el cliente. Ambos siguen los pasos tradicionales de mejora de la calidad:

1. Identificar el proyecto
 - A. Nominar proyectos
 - B. Evaluar los proyectos
 - C. Seleccione un proyecto
 - D. Pregunta: ¿Es la mejora de la calidad?

2. Establecer el proyecto
 - A. Preparar una declaración de objetivos
 - B. Seleccione un equipo
 - C. Verificar el estado de los objetivos
3. Diagnosticar la causa
 - A. Analizar los síntomas
 - B. Confirme o modifique la declaración de objetivos
 - C. Formular teorías
 - D. Teorías de prueba
 - E. Identificar la causa (s) raíz
3. Soluciones la causa
 - A. Evaluar alternativas
 - B. Remedios Diseño
 - C. Diseño controla
 - D. Diseño para la cultura
 - E. Demostrar la eficacia
 - F. Implementar
4. Mantenga las ganancias
 - A. Diseño para la calidad eficaz controla
 - B. A toda prueba el remedio
 - C. Auditarse los controles
5. Replicar resultados y proponer nuevos proyectos
 - A. Replicar los resultados del proyecto
 - B. Nomine a nuevos proyectos

Al hablar de similitudes también se hace referencia a la problemática que ambas metodologías comparten, como se puede ver en la Tabla 3, tanto de *Lean* como de Seis Sigma coinciden en temas similares referentes a sus problemáticas.

Tabla 3. Comparación de los problemas comunes identificados por la Manufactura Ebselta y Seis Sigma (Fuente: NHS, 2014)

Lean	Seis Sigma
<ul style="list-style-type: none"> • La falta de atención al cliente • La falta de autonomía personal • Espacios de trabajo inefficientes y desordenados • Prácticas de mantenimiento subóptimas • La falta de entrenamiento cruzado • Exceso de inventario • La falta de controles visibles • Procesos subóptimos • Trampas Tiempo • Procesos y métricas obsoletos 	<ul style="list-style-type: none"> • La falta de atención al cliente • Sistemas de medición inadecuados • Procesos subóptimas • Oportunidades de defectos • Procesos y métricas obsoletos • La falta de apropiación de los procesos

II.4.4 Diferencias entre la Manufactura Ebselta y Seis Sigma

En primera instancia, tanto la Manufactura Ebselta como Seis Sigma son metodologías de mejora. Sin embargo, cabe mencionar que a medida que se adentra más en investigar más sobre estas metodologías, los aspectos contrastantes de ambos enfoques se hacen cada vez más evidentes.

Lean, es a menudo visto como un enfoque de eficiencia, que se centra en mejorar el flujo en el cadena de valor y la eliminación de residuos, pero es más que eso. La Manufactura Ebselta es una filosofía, no es simplemente un ejercicio de eliminación de residuos. La Manufactura Ebselta va más allá, es (mejora rápida) gracias a eventos *kaizen* episódicos, por lo tanto brinda un enfoque de mejora continua.

Seis Sigma, por el contrario, a menudo se considera con enfoque que se centra en la eficacia, en la eliminación de defectos y la reducción de la variación. En pocas palabras, se ve como el mejor trabajo en un entorno en el que existe una variación. Seis Sigma comienza con ¿Cómo se puede mejorar este proceso?

Seis Sigma no es sólo estadística, en su mejor representación; uno integra la experiencia, histórico, prospectivo y datos para tomar decisiones.

Proyectos de Seis Sigma pueden durar varias horas al mes, ya que la metodología no está diseñada para hacer frente a todos los problemas en una cantidad de tiempo, pero está diseñado para proyectos que no toman más tiempo del necesario (Fuente: NHS, 2014).

La Tabla 4, muestra las necesidades existentes entre la Manufactura Ebelta y Seis Sigma.

Tabla 4. *¿Por qué Lean y Seis Sigma se necesitan mutuamente* (Fuente: George, 2003)

La Manufactura Ebelta necesita de Seis Sigma porque:	Seis Sigma necesita de la Manufactura Ebelta porque:
Los proyectos de Lean no prescriben de manera explícita así como los roles establecidos necesarios para lograr y mantener los resultados.	Identifica los residuos. Seis Sigma sub-optimiza los procesos (Lean aplica un enfoque de sistemas)
Proporciona un conjunto de herramientas para entender los problemas y las fuentes de variación	Se mejora el proceso al acelerar el tiempo / ciclo
Lean no reconoce el impacto de la variación	Incluye métodos de acción rápida (Kaizen)
Lean no es tan fuerte en la medición y análisis de las etapas de DMAIC	Seis Sigma se acerca a la calidad más rápidamente, Si Lean elimina pasos sin valor agregado

Con lo antes expuesto se puede apreciar que tanto la Manufactura Ebelta como Seis Sigma tienen huecos en sus metodologías y son incapaces por si solas de concluir sus proyectos con los mejores resultados, sin embargo la Tabla 4, permite observar como ambas metodologías trabajando al unísono y se complementan llenando los espacios que existen en ambas.

Nave (2002), por otra parte, logró resumir las diferencias existentes entre las dos metodologías. Ver la Tabla 5, sostiene que es la cultura de la organización que hace la diferencia sobre el método más adecuado y que muchos métodos parecen similares cuando se consideran sus efectos secundarios.

Tabla 5. *Seis Sigma y la Manufactura Esbelta* (Fuente: NHS, 2014)

Metodología	Lean	Seis Sigma
Teoría	Reducir los residuos	Reducir la variación
Directrices de aplicación	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar el valor • Identificar la cadena de Valor • Flujo • Jalar • Perfección 	<ul style="list-style-type: none"> • Definir • Medida • Analizar • Mejor • Control
Enfoque	Flujo	Problema
Supuestos	<ul style="list-style-type: none"> • Eliminación de residuos mejorará el rendimiento. Muchas de las mejoras pequeñas son mejores que el análisis de sistemas 	<ul style="list-style-type: none"> • Existe un problema • Las cifras y los números son valorados. La salida del sistema mejora si la variación en todos los procesos se reduce.
Efecto Primario	Reducción del tiempo de flujo	Salida del proceso uniforme
Efectos secundarios	<ul style="list-style-type: none"> • Menos variación • Da salida uniforme • Menos inventario • Nuevo sistema de contabilidad • Métricas de flujo • Mejora de la calidad 	<ul style="list-style-type: none"> • Menos residuos • Rendimiento rápido • Menos inventario • Métricas de variación • Mejora de la calidad
Críticas	El análisis estadístico o el sistema no se valora	La interacción del sistema no se considera mejora de los procesos de forma independiente

II.4.5 Contraste entre los enfoques de la Manufactura Esbelta y Seis Sigma

Lean, está basado en un modelo de gestión cuyo enfoque está orientado a la creación de flujo para poder entregar el máximo valor para los clientes, utilizando para ello los mínimos recursos necesarios: es decir ajustados lean en inglés. (Wikipedia, 2014). Seis Sigma, utiliza un enfoque revolucionario de gestión, 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. (Gestiopolis, 2014). Como se puede observar, las dos metodologías siguen diferentes enfoques.

La Tabla 6, brinda una visión más clara con respecto a las diferencias existentes entre los enfoques de la Manufactura Esbelta y Seis Sigma.

Tabla 6. *Muestra un contraste de los enfoques de Lean y Seis Sigma* (Fuente: Institute for innovationand improvement)

Lean	Seis Sigma
Especificar el valor ¿Qué es importante a los ojos de los clientes?	Definir ¿Qué es importante?
Identificar el flujo de valor ¿Qué es todo el flujo de valor?	Medir ¿Qué estamos haciendo?
Flujo ¿Cómo el material y el flujo de información a través de nuestro proceso?	Analizar ¿Qué está mal?
Tirar (jalar) ¿Cómo podemos dejar al cliente tirar de los productos, en lugar de empujar los productos?	Mejorar ¿Qué hay que hacer?
Perfecto ¿Cómo podemos optimizar nuestros procesos?	Control ¿Cómo podemos sostener las mejoras?

II.4.6 Lean Seis Sigma y la metodología DMAIC

DMAIC es la metodología central y la escancia de la metodología Seis Sigma, lo que permite desarrollar soluciones o procesos defectuosos en forma estructurada, lógica y comprensible en todos los niveles de la organización. Por lo tanto debe comprenderse y asimilarse como una forma de enfrentar las oportunidades.

Al interior de las fases DMAIC, las herramientas de Seis Sigma y de la Manufactura Esbelta a utilizar, pueden pasar a ser muy básicas o muy elaboradas, dependiendo de la preparación del equipo de trabajo así como también de la complejidad tanto del problema como del proyecto y sin embargo, la estructura para enfrentarlo será la misma, convirtiéndose en una filosofía de trabajo. (Alarcón, 2014).

A continuación y de acuerdo con Alarcón (2014), se presenta cada una de las fases de esta metodología así como las herramientas que utiliza cada una:

Fundamento, tiene la finalidad de identificar las necesidades de mejoramiento, así como de construir las bases para el fundamento del éxito.

Estrategias clave:

- Fijas las metas estratégicas para el negocio.
- Comienza el proceso para la selección de líderes *black belt* y *green belt*.
- Selección de candidatos para entrenamiento *blackbelt* y *green belt*.
- Se desarrolla un plan con el fin de mejorar la comunicación entre todos los implicados.
- Proceso de entrenamiento.
- Inicia el proceso de compromiso de todos los recursos de la organización.
- Comienza el proceso de selección de proyectos.
- Se obtiene una lista con los proyectos potenciales.

Definir, permite determinar los requisitos del cliente y los estándares de desempeño, así como los beneficios económicos.

Estrategias clave:

- Se realiza el planteamiento del problema.
- Se realiza la primera reunión con el equipo.
- Inicio de la revisión del cronograma con el equipo.
- Estimación inicial de los beneficios financieros.

Herramientas:

- Sentencia del problema.
- Cronograma del proyecto.
- Costo de la mala calidad.
- Costo de no hacer nada diferente.

Medir, permite planificar el alcance del trabajo, conocer el proceso y su desempeño actual, así como definir métricas.

- Estrategias clave:
- Definir la voz del cliente.
- Hacer una descripción detallada del o los procesos.
- Establecimiento de las métricas y línea base del desempeño.
- Se elabora el plan la recolección de datos.
- Se elabora el plan y el calendario del proyecto.

Herramientas.

- Diagrama de flujo de los procesos.
- Listas de verificación y datos.
- Diagrama de Pareto.
- Eficiencia del ciclo, valor agregado de actividades.
- Estadística descriptiva
- Gráficos y cartas de control.
- Diagrama de Gantt.

Analizar, para identificar y analizar no solo las fuentes reales de variación, si no las potenciales.

Estrategias clave:

- Relación entre datos.
- Validar las variables de proceso tanto de entradas como de salidas.
- Dar prioridad a las variables de entrada así como de fuentes de variación de las variables de salida.
- Implementar acuerdos para cambiar los procesos.

Herramientas:

- Trabajo en equipos, lluvia de ideas.
- Diagrama de caja.
- Diagrama de afinidad.
- Intervalos de confianza y test de hipótesis.
- Análisis de varianza ANOVA.
- Grafico de dispersión.

Mejorar, permite optimizar el desempeño de los procesos, basándose en el análisis de los datos.

Estrategias clave:

- Resolver las relaciones entre las variables de entrada y salida.
- Definición del proceso mejorado y su nueva línea de base.
- Mejorar los flujos de trabajo de los materiales y de la información.
- Implementar cambios
- Demostrar mejoras.

Herramientas

- Diseño robusto del nuevo proceso a prueba de errores
- Diagrama de flujo de nuevos procesos y sus respectivos manuales.
- Implementación de las 5's.
- Eficiencia del ciclo, valor agregado de actividades de estado futuro.
- Estadística descriptiva comparativa.
- Gráficos y cartas de control.

Controlar, para controlar las fuentes de variación y mantener los beneficios logrados con las acciones de mejora realizadas.

Estrategias clave:

- Documentación de los cambios de procesos.
- Plan de control.
- Entrega al dueño del proceso.
- Determinar las nuevas capacidades del proceso.
- Informe final de cierre.
- Comunicación de los resultados.
- Apalancamiento de las oportunidades.
- Auditoría financiera de los resultados.

Herramientas:

- Métricas del proceso.
- Mapeo de procesos.
- Cartas de control de las entradas y salidas.
- Plan de control.

Integración, en esta fase se debe hacer un seguimiento de los resultados que se lograron y sustentar el mejoramiento para cambiar la cultura de la organización.

Estrategias claves:

- Hacer seguimiento y auditoria a los proyectos terminados para que se mantenga su nivel de contribución.
- Comunicar a la organización los resultados de los proyectos.
- Apalancar los resultados de los proyectos en otras áreas o procesos.
- Otorgar reconocimientos y recompensas a los equipos.
- Desplegar de nuevo a los expertos en Lean Seis Sigma dentro de la organización y preocuparse de entrenar a sus sucesores oportunamente.

II.4.7 Ventajas de Lean Seis Sigma

Como se ha venido mencionando, la metodología de Lean Seis Sigma, es una disciplina de rendimiento comprobado en las últimas décadas ya que une dos filosofías de administración de negocios: Seis Sigma, que proporciona las herramientas y las pautas organizativas que establecen unos cimientos basados en datos para una mejora prolongada en objetivos clave relacionados con los clientes que apunta a mejorar continuamente de la producción para eliminar errores, y la Manufactura Esgelta ofrece mecanismos para reducir rápidamente y de manera drástica los tiempos y el desperdicio en cualquier proceso de cualquier parte de una organización, que apunta a reducir el uso innecesario de recursos. Cuando la estrategia funciona, puede descender los costos, incrementar los niveles de producción exitosa y cambiar positivamente la cultura operacional de una compañía (George, 2003).

La principal ventaja de Lean Seis Sigma, es que cuando se logran los resultados deseados, los costos de producción se reducen y la producción es más eficiente, lo cual combinado permite a las organizaciones incrementar sus ganancias. Los beneficios secundarios se refieren al procedimiento. Éstos pueden incluir cambiar la cultura de una empresa para hacer que se apoye más en los datos en lugar de corazonadas, incluyendo personal de distintos niveles en el proceso, haciéndolos sentir más valorados, y forzando a la firma a pensar acerca del proceso de manufactura desde una gran variedad de perspectivas. Comparado con otras filosofías de negocios, Lean Seis Sigma tiene la ventaja de que se forma de múltiples componentes, cada uno de los cuales conlleva beneficios inherentes. Esto hace posible usar la estrategia mediante pruebas, como por ejemplo con un producto o un departamento de la empresa, antes de escalar a expandir la filosofía a toda la organización.

III. CONCLUSIÓN

Al terminar este trabajo se puede concluir que el objetivo principal se cumple, ya que se ha logrado realizar un compendio que ofrece una visión más detallada sobre Seis Sigma y la Manufactura Ebelta, sus limitaciones tras su implementación individual, las diferencias existentes entre ambas metodologías y el porqué de la combinación de éstas, lo que permitirá al lector conocer cuáles son las ventajas que presenta la metodología Lean Seis Sigma con respecto a sus antecesoras.

Seis Sigma, es un concepto desarrollado en 1985 por *Motorola* y es una metodología de transformación del negocio que maximiza los beneficios y ofrece valor a los clientes, centrándose en la reducción de la variación y la eliminación de los defectos mediante el uso de diversas herramientas estadísticas. Mientras que la Manufactura Ebelta es una metodología de transformación empresarial que se deriva del Sistema de Producción *Toyota* (TPS), que se centra en el aumento de valor para el cliente mediante la reducción del tiempo de ciclo de producción o la eliminación de todas las formas de despilfarro y falta de uniformidad en el flujo de trabajo. Estas metodologías han evolucionado en empresas como: *Motorola*, *GE*, *Toyota*, y *Xerox* por nombrar algunas fueron iniciativas que nacieron tras la búsqueda de la excelencia operativa.

Al combinarse la Manufactura Ebelta y Seis Sigma en los años 90, el resultado fue Lean Seis Sigma, una metodología que sirve para mejorar los procesos, eliminar los defectos de los productos o los procesos y reducir los tiempos de ciclo. En este contexto, el objetivo de ésta metodología es reducir las actividades innecesarias (las que no agregan valor) a fin de disminuir los reprocesos y el tiempo de ciclo, ahorrar en los costos e incrementar la capacidad de los recursos más valiosos en el proceso. Para poder cumplir con esto hay un punto de arranque muy sencillo: identificar los desperdicios, hacerlos visibles y eliminarlos.

Tomando en cuenta lo anterior es indispensable que en las empresas de México, se adopten metodologías que permiten ganar ventaja ante las adversidades que presenta el mundo globalizado, ya que éste se vuelve cada vez más competitivo. Por lo tanto, es de suma

importancia que las organizaciones implementen Lean Seis Sigma, ya que se basa en un enfoque estratégico para cambiar funcionando mejor cuando se utiliza como un mecanismo para lograr los objetivos de mejora estratégicos. Cadenas de valor y el valor sistemas trascienden las fronteras organizacionales y departamentales existentes. Las herramientas de Lean Seis Sigma pueden ser utilizadas para la mejora específica de departamento proyectos, sin embargo las mayores ganancias se pueden observar en toda la organización, creando un ambiente favorable para la misma.

Además de que el presente trabajo, otorgará al lector más información sobre Lean Seis Sigma, y como gracias a la implementación de ésta, se suministran los métodos para que se puedan desempeñar las actividades eficientemente, con un mínimo de esfuerzo, evitando la lentitud e ineficiencia en las actividades, reduciendo los costos e incrementando la productividad, mediante la reducción de desperdicio, eliminando todo aquello que no se necesita para generar un producto o servicio. De este modo, se debe tener siempre en mente que lo que no le agrega valor a un proceso, realmente genera un gasto, un sobre esfuerzo o resultados negativos, por lo tanto hacer las cosas con calidad nos garantiza alcanzar el éxito deseado y superar expectativas.

REFERENCIAS

- Alarcón, D. (2014). *Herramientas Lean Seis Sigma – Mapa de ruta en la gestión de la seguridad y la salud ocupacional*, Quality collage. Providencia, Santiago de Chile.
- Alderete, P. Colombo, P. Di Estefano, A y Wade, V. (2003). *Seis Sigma. O de como las pinzas y martillos se tornan tecnología de punta*. XXVI Congreso de Profesores Universitarios de Costos. Buenos Aires.
- Almudéver, C. (2014). “Implementación de la Filosofía Seis Sigma en la construcción”, [En línea], Disponible en: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/18241/TFM%20SIX%20SIGMA.pdf?sequence=1> [Accesado en julio de 2014]
- Alvaréz, J. (2014). “Control estadístico de procesos”, [En Línea], Disponible en: http://www.repositoriodigital.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/5507/MANUAL_CURSO_CONTROLESTADISTICODEPROCESOS.pdf?sequence=1 [Accesado en julio de 2014]
- Anthony, J. (2006). *Design for Six Sigma: Breakthrough business improvement strategy for achieving competitive advantage*, Work study
- Barbosa, J. (1993). *Tipología de los municipios de México*. Gaceta Mexicana de Administración Pública Estatal y Municipal. 42–43–44, México, Instituto Nacional de Administración Pública, pp. 41–45
- Belohlavek, Peter (2006). *OEE: Overall Equipment Effectiveness*. Buenos Aires. Blue Eagle Group.
- Bernández, Mariano L. (2006). *Desempeño humano*. Global Business Press.
- Bill Smith, (2014). *Father of Six Sigma*.
- Boaden, R (2005). *Lean Six Sigma in the NHS*, Manchester Business School.

Castillo, F. (2009). "Lecturas de ingeniería 6, La Manufactura Esbelta" [En línea] disponible en: http://olimpia.cuautitlan2.unam.mx/pagina_ingenieria/mecanica/mat/mat_mec/m4/manufactura%20esbelta.pdf [Accesado en abril de 2014]

Chase, R., Aquilano, N. (2009). *Administración de la producción y operaciones y cadena de suministro*, (12a. ed.). México: Editorial McGraw Hill.

Climent S, S.; Escuder, V, R. (2001). *¿Por que las empresas de la comunidad valenciana toman la decisión de implantar el sistema de calidad basado en las normas ISO 9000?, Auditoría interna*.

Climent S. (2003). "Los costos de calidad como estrategia empresarial en las empresas certificadas en la norma ISO 9000 de la CV" *Universidad de Valencia* [En línea], España, Disponible en: http://www.cyta.com.ar/biblioteca/bddoc/bdlibros/tqm/1_conceptos/1_conceptos.htm [Accesado en marzo de 2014]

CNIC, (2014). *Lean Seis Sigma AEC*. España

Crosby, P. (1989). *Hablemos de Calidad*, McGraw hill

Cuatrecasas, Lluís (2005). *Volver a Empezar*. Lean management. Gestión 2000

Cuya, Ricardo (2014). "Educación con la norma ISO 9001 en Calidad Integral". [En línea] Uruguay, disponible en: <http://www.calidadintegral.com> [Accesado en Noviembre de 2014]

CyTA, (2014). "Concepto de Calidad Total y su evolución" [en línea] Argentina, disponible en: http://www.cyta.com.ar/biblioteca/bddoc/bdlibros/tqm/1_conceptos/1_conceptos.htm [Accesado en mayo de 2014]

Data-Driven. (2014). "Manufactura Esbelta" [En línea], Disponible en: http://www.data-driven.com.mx/5_2_Diccionarios.htm [Accesado en abril de 2014]

Department of Health (2005). *Chief Executive's report to the NHS*.

Eguizabal, j. Et al., (2006). “Aplicaciones de la Manufactura Esbelta en la Industria Salvadoreña”, Universidad Centro Americana José Simón Cañas [En línea] Disponible en: <http://209.239.118.175/biblio/tesis/Ingenieria%20Industrial/MANUFACTURA%20ESBELT A%20EN%20LA%20INDUSTRIA%20SALVADORE%D1A.pdf> Consultado en Abril de 2014

Escalante, V. (2014). *Seis - Sigma Métodología y técnicas*. México, Limusa.

Fuentes, A.; Chávez, N.; J. Rasgado, (2011). “Ventajas de Seis Sigma” [En línea] Disponible en: <http://seissigmaspace.blogspot.mx/2011/11/ventajas-de-seis-sigma.html>. [Accesado en mayo de 2014]

Fundibeq. (2014). “La voz del cliente”, [En línea], Disponible en: http://www.fundibeq.org/opencms/export/sites/default/PWF/downloads/gallery/methodology/tools/LA_VOZ_DEL_CLIENTE.pdf [Accesado en julio de 2014]

García, I. (2014). “Desarrollo de un espacio virtual formativo sobre mantenimiento productivo total”, [En línea] Disponible en: <http://www.pacofrio.com/mpt/memoria.pdf> [Accesado en marzo 2014]

Garvin, D. A. (1984). *La calidad en la línea de producción*, Harvard-Deusto Business Review, Segundo Trimestre.

George, M. (2003). *Lean Seis Sigma for services*, McGraw-Hill, USA.

George, M. (2010). *The Lean Seis Sigma doing more with less*, Jhon Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey.

Gestiopolis. (2014). “La metodología 6 sigma ¿qué es? Para qué sirve? Cómo se aplica? Requerimientos para su implementación? Etapas de implementación?” [En línea] disponible en: <http://www.gestiopolis.com/recursos/experto/catsexp/pagans/ger/no12/6sigma.htm>. [Accesado en mayo de 2014]

Grazier, Peter B. (1992). *Japan Human Relations Association, Kaizen Teian 1*, Productivity Press, EUA, Portland, Oregon, EUA.

GR-Consultores de Negocios. (2014). “Lean Manufacturing o Manufactura Esvelta” [En línea] Disponible en:
<http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:http://administracionconmihaymon.wordpress.com/2012/11/02/Lean-manufacturing-o-manufactura-esvelta/>. 2014 [Accesado en abril 2014]

Gutiérrez, H. De la Vara, R. (2009). *Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma*. México: Mc Graw Hill

Hay, E. (1989). *Justo a tiempo*, Norma, Bogotá.

Hirano, H. (2000). *Poka-Yoke*. Primera edición. México: Productivity

Imai, M. (1989). *Kaizen*. México: CECSA.

James, P. Womack, Jones D, R. Daniel (1990). *The Machine That Changed the World*. Macmillan

Jiju, A. (2014). “Pros and cons of Seis Sigma: an academic perspective” [En línea] Disponible en: <http://www.oneseissigma.com/node/7630> (enlace roto disponible en Internet Archive; véase el historial y la última versión). [Accesado en abril de 2014]

Jiménez, M. A. (1996). “La calidad en la empresa como instrumento de eficiencia”, Técnica Contable.

Juran Institute (1993, 2003). Quality Improvement Pocket Guide.

Justo a tiempo, (2014). [En línea] Disponible en:
http://www.ub.edu/gidea/recursos/casseat/JIT_concepte_carac.pdf [Accesado en mayo de 2014]

Kalpakjian, S; Steven R. Schmid (2002). *Manufactura, ingeniería y tecnología*, Pearson Educación, 2002. 1152 págs.

Kindwell, J.L. (1971). *3 step to Quality profitability*, Quality management & Engineering.

Lazala, N. (2011). “Lean manufacturing y sus herramientas” [En línea] Disponible en: <http://www.eoi.es/blogs/nayellymercedeslazala/2011/12/18/Lean-manufacturing-y-sus-herramientas/> [Accesado en marzo 2014]

Lean Collage (2014). “Trabajo estandarizado”, [En línea] Disponible en: <http://www.Leanmanufacturing.org/trabajo.php>, [Accesado en abril 2014]

Lean solutions (2014). “Lean Manufacturing” [En línea] Disponible en: <http://www.Leahsolutions.co/conceptos/kanban> [Accesado en junio 2014]

Lean-esp. (2014). “Lean Manufacturing en español”. [En línea], Disponible en: <http://Lean-esp.blogspot.mx/2008/09/qu-es-Lean-manufacturing.html> [Accesado en febrero de 2014]

Loera, L. Acosta, A. (2014). “Manufactura Esbelta” [En línea] Disponible en: http://www.google.com.mx/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=7&ved=0CE4QFjAG&url=http%3A%2F%2Fdchaparro.edublogs.org%2Ffiles%2F2011%2F06%2FEQ1.-Intro.-Manufactura-Esbe-n5qfbx.ppt&ei=1N-sU5bkKIVxoATSz4HYDA&usg=AFQjCNFsYyYnRzvZ1ubRF6_9ONAsFtKw1Q&sig2=ZA5-6j8FFKczCD9zz2XrJg&bvm=bv.69837884,d.cGU [Accesado abril 2014]

López, G. (2014). “Metodología Six-Sigma: Calidad industrial”, [En línea], Disponible en: http://ucapanama.org/wp-content/uploads/2012/10/metodologia_six_sigma_seminario.pdf [Accesado en julio de 2014]

Lu, David, J. (1989). *Kanban: Just In Time at Toyota*, Productivity Press, Portland, Oregon, EUA.

Maldonado, G. (2014). “Herramientas y Técnicas Lean Manufacturing en sistemas de producción y calidad”. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. [En línea], Disponible en: http://www.elprisma.com/apuntes/ingenieria_industrial/manufaturaesbelta/default.asp [Accesado en abril 2014]

Masaji, T. y F. Gotoh. (1992). *Autonomous Maintenance in seven steps Implementing TPM on the shop floor*, .Productivity Press. Portland Oregon.

Matthew, P. Meyers, F. (2006). *Diseño de instalaciones de manufactura y manejo de materiales*. Prentice Hall, tercera edición.

McGlynn. (2003). *The quality of healthcare delivered to adults in the United States*, NEJM, 348p.

Mikel Harry and Richard S. (2000). *Seis Sigma*. Doubleday, New York.

Mikel Harry. (1994). *The Vision of Seis Sigma: Tools and Methods for Breakthrough*, Sigma Publishing Company, Arizona.

Mikel, J. Richard, S. (2006). *The Breakthrough Management Strategy Revolutionizing the World's Top Corporations*.

Miller. (2005), Going Lean in Healthcare, IHI White Paper.

Monografías, (2014). “Seis Sigma”, [En línea], Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos14/seis-sigma/seis-sigma.shtml>. [Accesado en abril 2014]

Montañez, J; Goméz, C. (2014). *Implementación de la metodología Seis Sigma en la mejora de procesos y seguridad en las instalaciones*, SCHNEIDER Electric de Colombia” Universidad de la Salle, Bogota Colombia.

Nave, D (2002). *How to compare Seis Sigma, Lean and Theory of Constraints*, Quality Progress.

NHS (2014). *Lean Seis Sigma: some basic concepts*, Institute for innovationand improvement. UK

Ohno, T. (1998). *Toyota Production System: Beyond Large Scale Production*, Productivity Press, Portland, Oregon, EUA.

Ortiz, J. (2014). "Aplicación del modelo de Manufactura Esbelta (Lean Manufacturing) para la optimización del flujo de producción" [En línea] Disponible en: (<http://www.monografias.com/trabajos82/aplicacion-manufactura-esbelta-floricultura/aplicacion-manufactura-esbelta-floricultura2.shtml#ixzz35sKNhiVx>, [Accesado en abril de 2014]

Palacio, A. (2012). "Herramientas de Lean Manufacturing". [En línea], Disponible en: <http://www.autoreseditores.com/libro/321/alvaro-palacio-p/herramientas-de-Lean-manufacturing.html>. [Accesado en febrero de 2014.]

Palacio, A. (2013). "Total Productive Maintenance: Implementando el TPM", [En línea], Disponible en: www.autoreseditores S.A. <http://www.autoreseditores.com/libro/210/alvaro-palacio-p/total-productive-maintenance-tpm.html>. [Accesado en febrero de 2014]

Pande, P, Newman, R. (2000). *The Seis Sigma Way: How GE, Motorola, and Other Top Companies are Honing Their Performance*, 6□.

Pérez F. De Velasco, J.A. (1994). *Gestión de la calidad empresarial. Calidad en los servicios y atención al cliente y calidad total*", ESIC, Madrid.

Peter S. P, Robert P. Neuman, and Roland R. Cavanagh (2000). McGraw-Hill.

Pico. M, (2014). "Gestión de Producción y Mantenimiento" [En línea] Disponible en: <http://gestiondeproducciomantenimiento.blogspot.mx/2009/11/la-historia-de-la-manufactura-esbelta.html> [Accesado en abril de 2014]

Pineda, K. (2004). "Manufactura Esbelta". *Gestiópolis*. [En línea], Disponible en: <http://www.gestiopolis.com/recursos2/documentos/fulldocs/ger/manesbelta.htm>. [Accesado en mayo de 2014]

Prado, P, J.; Fernández G, A. (1999). *Documentación e implantación del Sistema de la Calidad, Una metodología para las pymes*, Alta Dirección 206

Quesada, G. (2014). “Concepto Seis Sigma”, Grupo Kaizen [En Línea], Disponible en: http://www.elprisma.com/apuntes/ingenieria_industrial/conceptodeseissigma/ [Accesado en Junio de 2014]

Quintanilla, M. A. (1998). *En pos de la calidad: notas sobre una nueva frontera para el sistema universitario español*, Revista de educación.

R.A.E. (2014). “Diccionario de la Real Academia de la Lengua” [En línea], Disponible en: <http://lema.rae.es/drae/?val=calidad> [Accesado en mayo de 2014]

Rivera, R. (2011). “Planeación de la Producción horizonte 5 + 1”, [En línea], disponible en: <http://www.uteq.edu.mx/tesis/IPOI/0118.pdf> [Accesado en agosto de 2014]

Rother, M. Shook, J. (2003). *Value Stream Mapping to create value and eliminate muda*, USA. The Lean Enterprise Institute.

Secretaría de Economía Mexicana. (2014). Observatorio PYME México [En línea] Disponible en: http://www.observatorioPyME.com/encuestas-y-estudios_cifras-de-PyMEs/ [Accesado en marzo 2014]

Shingo, S. (1989). “A study of the Toyota production sistem from an industrial engineering viewpoint”. Estados Unidos: Productivity.

Sinnexus, (2014). “Cuadro de mando integral”, [En línea], Disponible en: http://www.sinnexus.com/business_intelligence/cuadro_mando_integral.aspx [Accesado en julio de 2014]

Spear, S. (2005). *Fixing Healthcare from the Inside, today*, Harvard Business Review Dan Jones and Jim Womack, Seeing the Whole Mapping the Extended Value Stream, The Lean Enterprise Institute.

Tapping, D. (2003). *Lean Pocket Guide*. MCS Media Inc.

Torres Moncayo, Jesús (2009). *Lean production, como llegar a ser Lean sin mucho esfuerzo.* Toluca (México). ITESM.

Ub.edu, (2014). “Justo a Tiempo JIT” [En línea], Disponible en: http://www.ub.edu/gidea/recursos/casseat/JIT_concepte_carac.pdf, [Accesado en junio de 2014]

Velasco, M. (2013). *Diseño de experimentos para la calidad*, Maestría en gestión de la calidad. Universidad Veracruzana.

Villaseñor, A. Galindo, E. (2007). *Manual de Lean Manufacturing*, Limusa, México.

Wikipedia. (2014). “Lean Manufacturing” [En línea] Disponible en: http://es.wikipedia.org/wiki/Lean_manufacturing. Consultado en mayo de 2014

Wikipedia. (2014). “Seis Sigma”, [En línea], Disponible en: http://es.wikipedia.org/wiki/Seis_Sigma [Accesado en abril de 2014]

Wikispaces. (2014). “Lean Manufacturing” [En línea] disponible en: <http://manufacturaesbelta.wikispaces.com/Lean+Manufacturing>. [Accesado en abril 2014]

Womack, J. Jones, D. (1996). *Lean Thinking: Banish waste and create wealth in your corporation*, Simon& Schuster. New York.

Womack, JP; Jones, D (2003). *Lean Principles, lean Thinking*. USA. Free Press.

Yepes, M.; Villa, D.; A. Gonzalez (2013). “Lean Manufacturing” Universidad nacional de Colombia [En línea]. Colombia, disponible en: <http://Leanmanufacturingunal.blogspot.mx/2013/11/los-beneficios-del-Lean-manufacturing.html>. [Accesado en mayo de 2014]

Zavaleta, Y. (2014), *Introducción a la Metodología Estadística*. Veracruz, México Universidad Veracruzana.