



**UNIVERSIDAD
DEL AZUAY**

Facultad de Ciencias de la Administración

Escuela de Administración de Empresas

Lean manufacturing: Revisión Bibliográfica y su aporte en la industria.

Trabajo de titulación previo a la obtención de título de Ingeniera Comercial

Autora: Astudillo Fernández Tabatha Lizeth

Director: Ing. Benjamín Herrera Mora

Cuenca, Ecuador

2019

Dedicatoria

A mi madre, Olga Fernández por ser ejemplo de perseverancia, constancia y valores éticos, morales que me han impulsado a lograr mis objetivos. A mi padre que me acompaña desde el cielo y de quien aprendí que no hay mejor remedio para el alma que el obrar bien y el perdón. De manera especial a mis hermanos Lizardo y Samantha Astudillo que siempre han estado junto a mí brindándome su apoyo incondicional, compartiendo buenos y malos momentos. Finalmente, a mi pareja Paul Correa León quien es mi inspiración para seguir superándome, sin su presencia nada de esto hubiera sido igual.

Astudillo Fernández Tabatha Lizeth

Agradecimiento

Agradezco a Dios por protegerme durante todo mi camino y darme fuerzas para superar obstáculos. A la Universidad del Azuay por brindarme la oportunidad de tener una formación académica profesional. Al Ing. Benjamín Herrera Mora por su digna labor, inculcando valores y sembrando el conocimiento en la toma de decisiones para la ejecución y culminación de este proyecto. A la Ing. Chavi Arteaga Ortiz por toda la amabilidad y ayuda desinteresada que me brindo para concluir este trabajo.

Astudillo Fernández, Tabatha Lizeth

Contenido

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento	iii
Contenido	iv
Índice de tablas	vii
Índice de gráficos.....	viii
Resumen	x
Abstract.....	xi
Introducción.....	xii
Capítulo 1. Marco teórico.....	13
1.1 Origen	13
1.1.1 Personajes destacados.....	13
1.2 Conceptos y definiciones	15
1.3 Pilares.....	20
1.3.1 Mejora continua.....	20
1.3.2 Control de la calidad total.....	22
1.3.3 La eliminación del despilfarro	25
1.3.4 Las acciones participativas con los operarios:.....	28
1.3.5 La maximización del potencial para la cadena de valor	28
1.3.6 Principios básicos	29
1.4 Herramientas	30
1.4.1 Eventos <i>Kaizen</i>	30
1.4.1.1 Implementación	32
1.4.2 Las 5' S	33
1.4.2.1 Implementación de las 5's	38

1.4.3	Trabajo estandarizado.....	40
1.4.3.1	Implementación	40
1.4.4	<i>Kanban</i>	41
1.4.4.1	Implementación	43
1.4.5	<i>Heijunka</i>	44
1.4.5.1	Implementación	45
1.4.6	Control Visual	48
1.4.6.1	Implementación	49
1.4.7	<i>Smed</i>	50
1.4.7.1	Implementación	52
1.4.8	<i>Jidoka</i>	53
1.4.9	<i>Poka yoke</i>	54
1.4.9.1	Implementación	55
1.4.9.2	Implementación	56
1.4.10	<i>Hoshin Kanri</i>	58
Capítulo 2. Implementación		59
1.5	Metodología.....	59
1.5.1	Etapa 0 diagnóstico.....	61
1.5.2	Etapa 1 planificación	67
1.5.3	Etapa 2 lanzamiento.....	67
1.5.4	Etapa 3 estabilización	68
1.5.5	Etapa 4 estandarización	68
1.5.6	Etapa 5 flujo continuo	68
1.6	TI en la implementación de <i>lean manufacturing</i>	71
1.7	Factor humano	72
1.8	Indicadores claves de gestión	75
1.8.1	KPI's para monitorear la implementación <i>lean manufacturing</i>	76

1.8.2	Cuadro de mando integral (CMI)	84
1.8.2.1	KPI's del Cuadro de mando integral (CMI)	87
Capítulo 3.	Aporte de <i>lean manufacturing</i> en la industria	90
2.1	Productividad	90
2.2	Empresas pioneras en implementación	93
2.2.1	Kimberly-Clark.....	93
2.2.2	Nike	95
2.2.3	Caterpillar	97
2.2.4	Intel.....	98
2.2.5	Illinois Tool Works.....	100
2.2.6	Textron	101
2.2.7	Parker Hannifin	103
2.2.8	John Deer.....	104
2.2.9	Ford.....	106
2.2.10	Toyota.....	108
2.3	Aporte en pequeñas y grandes empresa manufactureras	110
3	Capítulo 4. <i>Lean manufacturing</i> y las empresas ecuatorianas.....	111
3.1	Antecedentes de <i>lean manufacturing</i> en el Ecuador.....	111
3.2	Recopilación de estudios documentados de <i>lean manufacturing</i> en empresas ecuatorianas	112
3.2.1	Mervisa del Ecuador.....	112
3.2.1.1	Resultados de los procesos productivos de Mervisa del Ecuador	113
3.2.1.2	Modelo propuesto para corregir los errores detectados.....	114
3.2.2	Tenaris S.A.	116
3.2.2.1	Aplicación del <i>lean manufacturing</i>	116
3.2.2.2	Resultados de implementar <i>lean manufacturing</i>	118

3.2.3	Conduit del Ecuador S.A.....	119
3.2.3.1	Diagnóstico de la empresa	120
3.2.3.2	Resultados	121
3.3	Ventajas, desventajas y limitaciones comunes	122
3.3.1	Ventajas	122
3.3.2	Desventajas	123
3.3.3	Limitaciones	124
	Conclusiones.....	126
	Recomendaciones	127
	Bibliografía.....	130
	Anexos	134
	Anexo 1. Abstract aprobado	134
	Anexo 2. Informe de Urkund	135

Índice de tablas

Tabla 1.	Herramienta para la puesta en marcha del TQM.....	23
Tabla 2.	Causas y efectos del despilfarro de sobreproducción.....	25
Tabla 3.	Causas y efectos del despilfarro de tiempos de espera.....	25
Tabla 4.	Causas y efectos del despilfarro de transporte	26
Tabla 5.	Causas y efectos del despilfarro de proceso	26
Tabla 6.	Causas y efectos del despilfarro de inventario	27
Tabla 7.	Causas y efectos del despilfarro de movimiento	27
Tabla 8.	Causas y efectos del despilfarro de defectos	27
Tabla 9.	Causas y efectos del despilfarro de recursos humanos.....	28
Tabla 10.	Herramienta para la puesta en marcha del TQM.....	34
Tabla 11.	Lista de chequeo	35

Tabla 12. Resumen de herramientas 5´s.....	38
Tabla 13. Organización flujo continuo.....	45
Tabla 14. Conceptos tiempo de cambio	51
Tabla 15. Tiempo de cambio entre lotes.....	53
Tabla 16. Perdidas por falta de TPM.....	56
Tabla 17. Fases de diagnóstico.....	62
Tabla 18. Familias de producto	66
Tabla 19. Madurez de herramientas <i>lean manufacturing</i>	69
Tabla 20. Madurez de herramientas <i>lean manufacturing</i>	74
Tabla 21. Cálculo índice de disponibilidad	76
Tabla 22. Cálculo índice de eficiencia.....	77
Tabla 23. Cálculo índice de eficiencia.....	78
Tabla 24. Cálculo eficiencia global de los equipos OEE	78
Tabla 25. Clasificación del OEE	79
Tabla 26. Fases de formulación para el lineamiento <i>Lean Manufacturing by Nike</i>	96
Tabla 27. Manual de capacitación <i>lean six sigma</i>	99

Índice de gráficos

Gráfico 1. Ciclo <i>Deming</i>	20
Gráfico 2. Cadena de valor genérica de Porter.....	29
Gráfico 3. Las 5' S	33
Gráfico 4. Circulo de frecuencia de uso	36
Gráfico 5. Las 5' S	39
Gráfico 6. Flujo <i>kanban</i>	42
Gráfico 7. Nivelación de la producción.....	44
Gráfico 8. Visuales	49
Gráfico 9. Esquema de componentes OEE.....	58
Gráfico 10. Modelo estratégico	60
Gráfico 11. Fases de implementación	61
Gráfico 12. Flujo de diagnóstico	63

Gráfico 13. Flujo de información	64
Gráfico 14. Flujo de materiales	65
Gráfico 15. Integración ERP con áreas funcionales	71
Gráfico 16. Proyecto <i>lean</i>	75
Gráfico 17. <i>Lead time</i> interno DTD.....	84
Gráfico 18. Perspectivas CMI	85
Gráfico 19. Formulación de la estrategia.....	86
Gráfico 20. Pirámide “4P” del modelo de Toyota.....	108
Gráfico 21. Línea de producción propuesta.....	115

Resumen

El presente trabajo es una revisión bibliográfica sobre el *lean manufacturing*, donde se detalla y se explica su historia, conceptos, métodos, herramientas y filosofía, con un enfoque que sustentan sus beneficios y limitaciones de su implementación. Para ello, el documento está estructurado en cuatro partes, la primera hace relación a un marco teórico completo de autores reconocidos de la temática; con la finalidad de entender a profundidad el *lean manufacturing*, la segunda está centrado en su metodología de uso, la tercera parte se centra en el aporte de la metodología al beneficio de la industria y, por último, en la cuarta parte se analizará desde el contexto ecuatoriano.

Palabras clave: *lean manufacturing*, manufactura esbelta, *six sigma*, *5S*, *Kaizen*, *Kanban*, *Heijunka*, *Smed*, *Jidoka*, *Poka yoke*.

Abstract

This is a bibliographic review on *lean manufacturing*, its history, concepts, methods, tools and philosophy are detailed and explained, with an approach that supports the benefits and limitations of its implementation. For this, the document was structured in four parts. The first makes a relationship with a complete theoretical framework of recognized authors of the subject for an in-depth understanding of *lean manufacturing*. The second part focused on the use methodology. The third part focused on the methodology report for the benefit of the industry. Finally, the fourth part analyzed the Ecuadorian context.

Keywords: lean manufacturing, lean manufacturing, six sigma, 5S, Kaisen, Kanban, Heijunka, Smed, Jidoka, Poka yoke.

Translated by

A handwritten signature in blue ink that reads "Magali Arteaga". The signature is stylized with a large, sweeping flourish at the bottom.A handwritten signature in black ink that reads "Tabatha Lizeth Astudillo Fernández". The signature is stylized with a large, sweeping flourish at the bottom.

Tabatha Lizeth Astudillo Fernández

Introducción

Desde siempre uno de los problemas a resolver de las empresas es mejorar su competitividad, para laborarlo, siempre deben estar enfocados en desarrollar la mejora continua de sus procesos productivos, estructurado y esquematizado con operaciones eficientes y óptimas. Pues según las restricciones del mercado, la empresa no es quien coloca al consumidor, sino, el cliente es quien pone a la compañía, buscando satisfacer sus necesidades al mejor costo.

Fundamentados en este contexto, las empresas buscan mecanismos o métodos que les permitan afrontar una infinidad de desafíos, donde no solo se tome en cuenta la cantidad y forma, sino la calidad y costo de producir. En ese sentido, este documento se enfoca en un método que ha generado cientos de respuestas positivas a las empresas que lo han implementado, como es el *lean manufacturing*. Esta metodología será objeto de estudio y se desarrollará una contextualización de sus diferentes métodos, herramientas y sistemas.

Para ello, el primer capítulo estará conformado por un marco teórico amplio, que permitirá conocer los conceptos teorías y demás fundamentos de autores reconocidos en la temática para conocer a fondo la metodología y desarrollar el documento con una consistencia precisa. El segundo capítulo se establecerá la implementación del *lean manufacturing*, mediante las diferentes herramientas explicadas en el apartado previo, además se enfocará en como sostenerse con un plan estratégico a mediano o largo plazo, donde la implementación debe ser vista como un proyecto estratégico para la compañía, que le permita ser evaluada constantemente, redireccionada a los objetivos estratégicos planteados por la dirección

Tercer capítulo, se realizará un análisis de la aportación del *lean manufacturing* a la industria, específicamente se estudiará los casos de éxito de empresas líderes en su campo a nivel mundial y como ayudo este método a mejorar, aún en un mercado ya dominado por ellas. Por último, en el cuarto capítulo se realizará un estudio para el caso ecuatoriano respecto al *lean manufacturing*, como benefició a las empresas locales que lo implementaron y cuáles fueron sus ventajas, desventajas y limitaciones al momento de implantar esta metodología.

Capítulo 1. Marco teórico

1.1 Origen

Para comprender el origen del término *lean manufacturing*, debemos hacer un breve recorrido por los inicios de la manufactura, la cual fue introducida por el ingeniero escocés James Watt inventor de la máquina de vapor, este suceso estableció un antes y después en la economía de los pueblos que basaban la misma en la agricultura.

A raíz de esta invención se inició la revolución industrial en 1760, en donde empezaron a surgir nuevas máquinas que permitían aumentar la producción con menos personal, en éste momento varios estudiosos de la época empezaron a sentar sus bases para nuevas técnicas de trabajo, estandarización y especialización de mano de obra; conceptos importantes que están presentes en la metodología *lean*.

1.1.1 Personajes destacados

James watt, es quien marcó el inicio de la producción industrializada con su invención de la máquina de vapor, la misma que cambio la economía de los pueblos con el inicio de la llamada revolución industrial.

Adam Smith; fue un economista escocés que tuvo una participación notable en la revolución industrial, quien no solo sentó las bases de la economía moderna, si no también realizó grandes aportes sobre las ventajas de la división de trabajo, como un concepto básico para alcanzar niveles altos de producción y especialización de actividades.

Ely Whitney inventor y fabricante estadounidense fue muy importante en la producción en cadena, con la invención de máquinas que realizaban piezas iguales o similares, este proyecto fue conocido bajo el concepto de piezas intercambiables, muy útil para la industria en crecimiento, ya que permitía realizar producción en cadena con menos personal y por ende a bajo coste.

Frederick Taylor; considerado el padre de la administración científica, quien institucionalizó la producción por lotes y el trabajo estandarizado, concepto fundamental de la metodología *lean*, sus estudios fueron un modelo a seguir para la actual industria. Este desarrollo en la industria sirvió para empezar la producción masiva, este proceso permitió abaratar costos, y mejorar el ritmo de producción, sobre todo para el sector automovilístico, destacando principalmente Henry Ford fundador de la compañía Ford Motor Company

Estos antecedentes fueron vitales para desencadenar la producción sofisticada masiva a bajo costo que hoy en día es una meta básica para las empresas productoras, a pesar de que Henry Ford fuera el pionero en la producción en cadena de automóviles, los japoneses fueron los principales desarrolladores de las técnicas *lean manufacturing*, pues lograron llevar todas estas herramientas a un nivel estandarizado y equilibrado en todos los procesos, en este sentido se destaca principalmente la participación de Sakichi Toyoda, quien fundo con su hijo Kiichiro en el año 1933 Toyota Motor Company. El sistema de producción Toyota base fundamental de los principios *lean manufacturing*, además, el éxito del conocido sistema de gestión de producción *Toyota Production System* se basó principalmente en la eliminación de errores a lo largo de la cadena de producción mediante un dispositivo llamado *Jidoka*, y; el sistema de producción conocido como *Just in time* (justo a tiempo), estos dos sistemas a más de generar beneficios para Toyota fueron el motor para reactivar la economía japonesa, que en su momento fue devastada por la segunda guerra mundial. Todos estos eventos impulsaron a que Japón cambiara totalmente la batalla. Esta vez con el objetivo de ganar la guerra económica por medio de la competitividad mundial.

Estos sistemas fueron mejorados posteriormente por el sobrino de Sakichi; Eiji Toyoda; quien tomó la posta en la administración de Toyota Motor Company junto al él trabajaron varios especialistas de manufactura, estadísticos y capacitadores reconocidos de la época, destacando aquí Taiichi Ohno, juntos lograron implementar y perfeccionar los sistemas de producción hoy conocido como *lean manufacturing*.

1.2 Conceptos y definiciones

La idea del *Lean Manufacturing* es concebida para mejorar y optimizar los diferentes procesos de producción que tiene una empresa, mediante la eliminación de operaciones que no añadan valor a la cadena productiva. La metodología “*lean manufacturing* se concibe como un proceso de cinco pasos: definir el valor del cliente, definir el flujo de valor, hacerlo fluir, tirarlo (*pull*) desde el final (cliente) y perseguir la excelencia” (Liker, 2006, p. 36).

Lean Manufacturing es un proceso que tiene la finalidad de agregar valor, sin interrupciones por medio del *Pull*, “el *pull* es una técnica de abastecimiento que parte desde la orden de pedido del cliente hasta el inicio de la cadena productiva” (Liker, 2006, p. 36). Es decir que a diferencia del método que normalmente se acostumbra a ver en las empresas, que es producir y luego vender, la técnica *pull* dice que solo se produce lo que se vende, iniciando su producción desde la petición del cliente y empujando el requerimiento a los demás procesos. Este método fue desarrollado por la empresa Toyota en la segunda guerra mundial, como estrategia para poder competir contra los grandes de la industria como Ford y GM que dominaban la producción a gran escala beneficiándose de precios bajo y ahorro de costos en maquinaria para producir las piezas necesarias para la fabricación de sus productos.

Dada la presión de la demanda por satisfacer sus necesidades, la empresa japonesa descubrió que la clave era la flexibilidad de la producción, entendiendo este concepto como la reducción y flexibilidad en los tiempos de operación dando como resultado la mejora de la calidad, mejora en la productividad, mejora en la eficiencia de la maquinaria, etc.

El objetivo de Toyota en los años 40 y 50 fue eliminar el tiempo y el material desperdiciado en cada uno de los pasos del proceso de producción —desde la materia prima al producto terminado— el sistema estaba diseñado para hacer frente a las mismas condiciones que se encuentra su competencia, la necesidad de procesos más rápidos y flexibles, haciendo lo que quieren los clientes, cuando lo quieren, con la mejor calidad y a un coste competitivo. (Liker, 2006, p. 36).

Las definiciones de la técnica conocida como *lean manufacturing* pueden ser variadas dependiendo de la comprensión del autor y la experiencia previa que tenga en la ejecución

de esta. No obstante, todas las definiciones concuerdan en ciertos puntos básicos que se ejemplificarán en la presente sección

Hernández & Vizán (2013) La metodología *Lean manufacturing* es una filosofía de trabajo focalizada en la identificación y eliminación de todo tipo de desperdicios definidos éstos como aquellos procesos o actividades que utilizan más recursos de los que en realidad necesitan. Identifica varios tipos de desperdicios que se observan en la producción como, por ejemplo: sobreproducción, tiempo de espera, transporte, exceso de procesado, inventario, movimiento y defectos. *Lean* mira lo que no deberíamos estar haciendo porque no agrega valor al cliente y tiende a eliminarlo, además esta metodología centra sus esfuerzos y basa su filosofía en el desarrollo de las personas, de tal manera que los procesos ejecutados logren su máximo potencial. (p. 9)

Rajadell & Sánchez (2010) El *lean manufacturing* es un método que tiene como objetivo la eliminación del despilfarro o desperdicios entendiéndose estos como todas aquellas actividades que no aportan valor al producto y por las cuales el cliente no está dispuesto a pagar, mediante la utilización de una colección de herramientas (*TPM, 5 S, SMED, Kanban, Kaizen, Heijunka y Jidoka.*) que se desarrollaron principalmente en Japón para la producción de automóviles. (p. 2)

Sarah Muñoz (2016), autora del Diccionario *Lean Manufacturing*, tiene la siguiente definición, el *Lean Manufacturing* al final se convierte en una filosofía de trabajo que hace una forma de vida para las empresas, su verdadero valor radica en descubrir de forma continua aquellas oportunidades de mejora para así lograr una optimización de un sistema productivo centrándose en identificar y eliminar todo tipo de desperdicio (p.15).

En conclusión, existen una serie de conceptos relacionados al *lean manufacturing*, de muchos autores reconocidos en la temática, establecido como una forma óptima de gestionar los recursos disponibles, para generar una producción más eficiente, evitando los desperdicios que se pueden generar y lograr obtener un valor agregado con respecto a la competencia. De esta manera, el *lean manufacturing* tiene como finalidad, la mejora continua de los procesos, abordando los siguientes puntos:

- La Cadena de Valor.

- La teoría de las 5 S.
- El *Just in time*.
- La mejora continua de *Kaizen*.
- La calidad total: TQM.
- La teoría de restricciones: TOC.
- La reingeniería de procesos.
- El mantenimiento productivo total: TPM.
- La manufactura flexible.

Así, el *lean manufacturing* es la aplicación constante de un grupo de técnicas de producción orientadas a alcanzar mejoras en los procesos de fabricación, priorizando la eliminación, minimización o reducción de los desperdicios y maximizando el valor que se entrega a los clientes.

Mientras se aplica las herramientas *lean manufacturing* en el proceso productivo se puede evidenciar como la situación de orden y limpieza de cada proceso mejora. A pesar de que estos criterios suenen básicos, las empresas no logran mantener el orden, limpieza y control de sus procesos, maquinas, equipos, personas, etc. Por lo que resulta muy complicado para las empresas lograr una planificación acertada de la producción en base a un plan estratégico, pues si bien estas características tan simples no son bien administradas, difícilmente se logrará obtener resultados en base a un plan estratégico. Previo a una implementación de *lean manufacturing* es importante que desde la dirección hasta el último eslabón del proceso productivo estén alineados con la cultura y compromiso que demanda cualquier proyecto, más aun si hablamos de lean manufacturing, pues su aplicación y éxito depende del nivel de liderazgo y apertura al cambio que la organización tenga, además es importante que la organización se haga un autoanálisis de todos sus procesos identificando actividades que agregan valor y las que no agregan valor, en este paso se identifican los recursos que demandan ciertas actividades, y permite evidenciar si están consumiendo más de lo que se requiere o viceversa, cuando se logra detectar un consumo irregular o una actividad que no agrega valor al producto final se debe categorizar como desperdicios. Algunos ejemplos de estos desperdicios son observables en el tiempo de espera, transporte, exceso de producción,

movimiento, inventario, sobreproducción y defectos en general (Arrizabalagauriarte Consulting, 2017).

La aplicación de las herramientas *lean manufacturing* se basa en encontrar o identificar los factores en los que una organización no debería invertir recursos, por la razón, que no existe valor agregado para los consumidores. Así, es necesario que se desarrollen técnicas y métodos que engloben en su totalidad el proceso productivo, incluyendo los aspectos siguientes:

- Estructura de los puestos de trabajo.
- Gestión de calidad.
- Mantenimiento.
- Flujo interno de producción.
- Manejo de la cadena de suministro.

Identificando los puntos descritos, se puede mejorar los procesos productivos y hacerlos más eficientes. Además de esto, hay que tomar en cuenta los beneficios de aplicar esta técnica como son:

- Eficiencia del tiempo de operación en la planta.
- Garantizar la no existencia de fallas inesperadas en la planta.
- Minimizar el tiempo de corrección de las fallas en el momento que aparecen.
- Prolongar la vida útil de los activos hasta su máximo posible.
- Optimizar los recursos que le asigna la empresa.

El principal objetivo es volver más eficientes los procesos productivos y que sus operaciones sean realizadas de un modo práctico, la técnica busca que las actividades del proceso productivo estén estrechamente relacionadas de tal manera que la producción fluya de manera constante sin cuellos de botella, así se logrará obtener la máxima disponibilidad de los recursos a costos bajos, en un entorno de seguridad industrial y medio ambiental.

De acuerdo con la doctrina del *lean manufacturing*, si se considera un proceso productivo como definitivo, esta aseveración es incorrecta, dado que se puede realizar una mejora continua e innovar cada vez, puesto que siempre existirán actualizaciones tecnológicas, prácticas más eficientes, o metodologías más eficientes para reducir costos y tiempos.

El *lean manufacturing* es una metodología en constante cambio, pues como se mencionó anteriormente esta herramienta busca la mejora continua, por ende no se la puede categorizar como algo estático y radical, a medida que los procesos vayan madurando la técnica ira evolucionando en consecuencia de los recursos invertidos, el nivel cultural, el aprendizaje que se va adquiriendo sobre su la marcha, es importante mencionar que cada sector industrial, cada empresa, cada actividad tiene su naturaleza propia, por ello es imprescindible que la técnica se adapte a las diferentes realidades y necesidades. (Hernández & Vizán, 2013).

“En este sentido, es importante entender tres conceptos que se deben identificar en un proceso productivo: Valor agregado (VA), No valor agregado necesario (NVAN); No valor agregado (NVA) o despilfarro” (2012, EADS).

Valor agregado: El valor agregado no se refiere a términos monetarios o productos para la satisfacción de una necesidad, los únicos con la facultad de decidir si algo tiene o no valor son los consumidores. El termino puede sonar algo abstracto, sin embargo, se lo puede definir como el valor que gana un producto al ser transformado durante un proceso productivo; es decir que una pieza o material genera más valor conforme atraviesa cada etapa de sus actividades de operación hasta lograr el producto final, que es el bien por el que paga un consumidor.

No valor agregado necesario: Son las actividades que se necesitan para completar el proceso de producción, es decir; estas actividades son lo mínimo requerido por el cliente, por lo cual; él no pagara más por su realización. Estas actividades por lo general suelen estar asociadas con la tecnología o métodos de trabajo que para la empresa resultan difícil de obtener, sin embargo, deben estar claramente identificadas, pues son tareas que al automatizarse generarán mayor competitividad al producto.

No valor agregado: Son actividades que no se necesitan para la operación, generando desperdicios y costos adicionales al producto. Estas actividades suelen estar presentes con mucha frecuencia en los procesos de producción por la falta de gestión en la administración de la operación; por esto es vital identificarlas de manera oportuna para y eliminarlas.

En conclusión, la doctrina del *lean manufacturing* está enfocada en la eficiencia de las operaciones de producción, para ello, es necesario que todos los esfuerzos se enfoquen en

eliminar al máximo las actividades que no agregan valor y en consecuencia generan costes excesivos o faltan de competitividad.

1.3 Pilares

Lean manufacturing como cualquier filosofía, está fundamentada en pilares que sirven de guía para aplicar las diferentes técnicas que se requieren. En este contexto los pilares son los siguientes:

1.3.1 Mejora continua

Es un procedimiento que siempre busca mejorar en el tiempo con la finalidad de encontrar el perfeccionamiento continuo en los procesos productivos buscando esencialmente reducción de costos, optimización de materia prima, entre otros, es decir se centra en las actividades que agregan un valor consiguiendo resultados a corto plazo y palpables para la organización. De los sistemas de implementación de la mejora continua más utilizada y reconocida es el ciclo *Deming* o PDCA el cual consta de cuatro etapas:



Gráfico 1. Ciclo Deming
Fuente: WordPress, (2017)

PLAN

Determinar las operaciones necesarias del proceso productivo, para obtener resultados esperados. Al estar cimentado en las actividades para el resultado esperado, la exactitud y cumplimiento de los objetivos a lograr se transforman en un elemento a mejorar. Para ello es necesario tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- Realizar pruebas de manera periódica para comprobar los resultados.
- Estar siempre recopilando datos para mejorar el proceso.
- Ser minuciosos con el detalle de los resultados esperados.
- Establecer las operaciones necesarias para lograr un producto, con los requisitos especificados.

DO

Hace relación a poner en práctica lo que se ha establecido en el plan. Por ello es necesario usar una serie de herramientas como pruebas o test, que ayuden encaminar a cómo se debe desplegar los procedimientos y explicarlos a los operarios que están a cargo de la ejecución. En esta fase según Acodad (2012), se debe considerar una serie de aspectos como se presenta a continuación:

- La comprobación y aplicación de las medidas correctivas determinadas en el plan.
- La introducción de las reformas al plan inicial, si no ha sido positivo el resultado de las medidas correctivas.
- Registrar el trabajo avanzado y de los resultados logrados.
- La formación del personal que deba aplicar las medidas propuestas; es necesario para una adecuada comprensión y familiarización con las medidas correctivas que se hayan definido. (p.4)

CHECK

En esta etapa se verifica los objetivos alcanzados. Es preciso controlar las actividades que se desempeñan se ejecutan según lo planificado. Se recomienda responder una serie de preguntas que se presentan a continuación:

- ¿Qué es lo que se va a controlar?

- ¿Cuándo se lo debe hacer?
- ¿Dónde se piensa controlar?

Además, en esta etapa *Check* se puede hacer un control de las causas críticas como se presenta a continuación (Acodad, 2012):

- Se controla si la calidad de las materias primas corresponde a las especificaciones.
- Si la maquinaria, los equipos, etc. operan en la forma programada y especificada. (p.5)

ACT Esta fase sirve para realizar una mejora de los problemas detectados y establecer condiciones que permitan mejorar y mantener la ejecución normal de las operaciones. En esta fase pueden presentarse dos escenarios: el primero; si se ha alcanzado el objetivo y el segundo si no se ha logrado el objetivo.

- Si se alcanzado el objetivo (Acodad, 2012):
 - ✓ No modificar la situación y normalizar las medidas correctivas,
 - ✓ modificaciones aplicadas (procesos, operaciones y procedimientos).
 - ✓ Ampliar la comprensión y la formación.
 - ✓ Verificar si las medidas correctivas normalizadas se aplican correctamente y si resultan eficaces.
 - ✓ Continuar operando en la forma establecida. (p.6)
- Sí, no se ha logrado el objetivo (Acodad, 2012):
 - ✓ Examinar todo el ciclo desarrollado para identificar errores.
 - ✓ Empezar un nuevo ciclo PDCA. (p.6)

1.3.2 Control de la calidad total

En la actualidad un aspecto importante que los consumidores o demandantes de algún bien consideran de gran importancia es la calidad del producto. Por ello, es necesario tener un control de la calidad, más cuando el mercado a determinado expectativas de calidad. La calidad tiene un aspecto importante y es que afecta la organización de manera directa desde los proveedores hasta los que consumen los productos y desde el diseño hasta su mantenimiento.

Es importante dar una definición a este elemento, donde *American Society for Quality Control* (2013) la define como “la totalidad de los rasgos y característica de un artículo o servicio que se sustenta en su destreza para satisfacer las necesidades establecidas o implícitas”. En este sentido, un producto de mala calidad afecta a la empresa de la siguiente manera (Carro & Gonzáles , 2013):

- **Costos y participación del mercado:** las mejoras en calidad llevan a una mayor participación en el mercado y ahorros en los costos por disminución de fallas, reprocesos y garantías por devoluciones.
- **Reputación de la empresa:** la calidad nacerá por las apreciaciones que los consumidores tengan sobre los nuevos productos de la empresa y también por las prácticas de los empleados y relaciones con los proveedores.
- **Responsabilidad por los artículos:** las organizaciones que diseñan y fabrican productos o servicios defectuosos pueden ser responsabilizadas por daños o lesiones que resulten de su uso. Esto lleva a grandes gastos legales, costosos arreglos o pérdidas y una publicidad que no evita el fracaso de la organización entera.
- **Alcances internacionales:** en este momento de globalización, la calidad es un asunto internacional tanto para una empresa como para un Estado. En la competencia efectiva dentro de la economía global, sus productos deben cumplir con las expectativas de calidad y precio (p. 3).

Para lograr el control de la calidad total, es necesario una serie de herramientas que permita a la empresa mejorar la competitividad, la gestión y sus estadísticas. Tomando en consideración que la TQM, no está limitadamente al área de producción, sino que se puede extender a toda la organización. En este sentido, en la tabla 1, se presenta las herramientas necesarias para llevar a cabo un control total de calidad.

Tabla 1.

Herramienta para la puesta en marcha del TQM

	<i>Crosby</i>	<i>Deming</i>	<i>Jurán</i>
Definición de calidad	Concordancia con los requisitos.	Un grado previsible de uniformidad y confiabilidad a bajo costo y adecuado para el mercado.	Adecuado para el uso.

Grado de responsabilidad de la gerencia superior	Responsabilidad de la calidad.	Responsable del 94% de los problemas de calidad. deben a los trabajadores.	Menos del 20% de los problemas de calidad se
Norma de desempeño y motivación	Cero defectos.	La calidad tiene escalas, use las estadísticas para medir. Evitar campañas para realizar trabajo perfecto. Critica el concepto de cero defectos.	
Enfoque general	Prevención, no impresión.	Reducir las varianzas por medio de la mejora continua. Crear inspecciones en masa.	Enfoque de dirección general para la calidad, en especial con respecto a los elementos humanos.
Estructura	14 pasos para mejorar la calidad.	14 puntos para la gerencia.	10 pasos para mejorar la calidad.
Control Estadístico de Procesos (SPQ)	Rechaza los niveles estadísticos de calidad aceptable.	Deben usarse métodos estadísticos para control de calidad.	Recomienda el SPC, pero advierte que puede llevar a un enfoque basado en herramientas.
Base de mejoras	Un proceso, no un programa meta de mejoras.	Continua, para reducir las varianzas. Eliminar objetivos sin métodos.	Enfoque de equipo de proyecto. Establece metas.
Trabajo en equipo	Equipos de mejora de la calidad. Consejos de calidad.	Participación de los empleados en la toma de decisiones. Eliminar las barreras entre departamentos.	Enfoque de equipo y Círculo de Calidad.
Costos de la calidad	Costo de la no concordancia. La calidad es gratuita.	Mejora continua sin puntos óptimos.	La calidad no es gratuita. Existe un punto óptimo.
Compras y bienes recibidos	Declarar necesidades. El proveedor es una extensión de la empresa. la mayoría de los defectos se deben a los compradores, no a los proveedores.	La inspección es demasiado tardía, permite que entren defectos al sistema por los AQL. Se requieren diagramas de control y pruebas estadísticas.	Los problemas son complejos. Realizar estudios formales.
Calificación de proveedores	Si. También de los compradores. Son útiles las auditorías de calidad.	No. Critica a la mayoría de los sistemas.	Si. Pero ayudar al proveedor a mejorar.
Fuente de provisión única		Si.	No. Puede omitirse para mejorar la ventaja competitiva.

Fuente: Carro & Gonzáles, (2013)

1.3.3 La eliminación del despilfarro

Antes de mencionar las formas de identificar y eliminar el despilfarro dentro de una organización es indispensable definirlo como toda actividad que no agrega valor y genera costos adicionales a los productos. Es una tarea ardua y de vital importancia para las organizaciones identificar los desperdicios que generan las actividades dentro de un proceso, sin embargo, algunos autores han coincidido en los comúnmente conocidos como los 7+1 desperdicios capitales de la gestión de proyectos *lean*, que son los defectos de sobreproducción, tiempos de espera, transporte, proceso, movimiento, defectos y recursos humanos.

Sobreproducción

Estos se presentan cuando no existe la demanda suficiente para cubrir la producción, es decir no existe clientela a quien vender los productos. Generalmente entre los despilfarros, la sobreproducción es la peor de todas ya que generalmente provoca otros inconvenientes en otras áreas. Entre las causas y efectos tenemos:

Tabla 2.

Causas y efectos del despilfarro de sobreproducción

Causas	Efectos
Procesos inoperantes	Exceso de stocks
Sistema “Por si acaso”	Exceso de mano de obra
Falta de comunicación	Exceso de equipos
Automatización en los lugares incorrectos	Excesiva capacidad
Tiempos de cambios largos	Lotes de producción grandes
Falta de planificación	Lotes de seguridad
Planificar según previsiones y no en consumos	Repetir tareas

Fuente: EADIC, (2013)

Tiempos de espera

Hace relación al tiempo que se tiene que esperar, para recibir la materia prima, ordenes de trabajo, ordenes de fabricación, inspecciones que realizan el personal designado, provocando un paro de las actividades, entre otros las causas y efectos de este despilfarro son:

Tabla 3.

Causas y efectos del despilfarro de tiempos de espera

Causas	Efectos
Métodos de trabajo no estandarizados	Procesos desequilibrados
Poca disciplina en las tareas	Paros por falta de material
Escasa eficacia Máquina/Hombre	Paros por averías
Mantenimiento solo correctivo	Esperar al turno entrante
No delegar responsabilidades	Informaciones que no llegan

Fuente: EADIC, (2013)

Transporte Son movimientos innecesarios que se realizan durante el transporte de materiales en el proceso productivo. Como un ejemplo a citar, un obrero que tenga que desplazarse para buscar material para cumplir con sus funciones, lo que produce movimientos innecesarios. En este contexto, se presenta a continuación las causas y efectos de este despilfarro:

Tabla 4.

Causas y efectos del despilfarro de transporte

Causas	Efectos
Elaboración de lotes grandes	Exceso de desplazamientos de material y carretillas
Previsiones cliente variables	Múltiples áreas de almacenado y manipulación de material
Falta de organización en el lugar de trabajo	Almacén muy grande y movimientos para acumular o desplazar materiales
Mala gestión en un cambio de referencia	Falta de comunicación Almacenado sin identificar Distribución de documentación necesaria

Fuente: EADIC, (2013)

Proceso

Hace hincapié en procesos ineficientes y que no sirven para el proceso productivo, que generalmente son aceptados como indispensables. En este sentido, a continuación, se presenta las causas y efectos de este tipo de despilfarro.

Tabla 5.

Causas y efectos del despilfarro de proceso

Causas	Efectos
Cambios de ingeniería sin cambios de proceso	Cuellos de botella incontrolados
Uso inapropiado de nuevas tecnologías	Operaciones del proceso inadecuadas
Toma de decisiones en niveles inapropiados	Falta de especificaciones claras del cliente
Uso de procedimientos ineficaces	Aprobaciones excesivas
Formación inadecuada	Información excesiva

Fuente: EADIC, (2013)

Inventario

Son un conjunto de materia prima o materiales, que son acopiados sin una necesidad pronta. Generalmente el despilfarro de este tipo se da en una compra innecesaria de materiales o suministros, entre las causas y efectos que se producen son:

Tabla 6.

Causas y efectos del despilfarro de inventario

Causas	Efectos
No producir en flujo continuo	FISH en lugar de FIFO
Proveedores sin capacidad	Retrabajos excesivos y almacenamiento innecesario
Largos tiempos de cambio	Dificultad para cambios de ingeniería. Trabajo en curso elevado
“Por si acaso”	Áreas de almacenamiento fuera de célula
Stocks del sistema incorrecto	Poca flexibilidad frente a cambios de programa Almacenado de obsoleto

Fuente: EADIC, (2013)

Movimiento

Son movimientos innecesarios que se realiza y que no aportan con valor al proceso productivo. Dentro de esta categoría, se considera a las posiciones o actos que realizan los trabajadores que son innecesarias, entre las causas y efectos de este despilfarro tenemos:

Tabla 7.

Causas y efectos del despilfarro de movimiento

Causas	Efectos
Falta de coordinación	Máquinas y materiales muy alejados
Falta de organización en el lugar de trabajo	Buscar herramientas
Procesos sin optimizar	Exceso de movimientos
Lotes grandes de fabricación	Desplazamiento de carros entre equipos
Falta de formación	Confundir el movimiento con el trabajo

Fuente: EADIC, (2013)

Defectos

Se considera los costos que se generan por productos defectuosos. En este sentido, se presenta las causas y efectos que se producen por este tipo de despilfarro.

Tabla 8.

Causas y efectos del despilfarro de defectos

Causas	Efectos
Procesos inadecuados	Retrabajos y reparaciones
Excesiva variación	Inspecciones adicionales
Proveedores inadecuados	Entregas no realizadas Defectos de calidad
Errores de verificación	Quejas de cliente
Gestión incorrecta	Reclamaciones de proveedor

Fuente: EADIC, (2013)

Recursos Humanos

Hace relación a la designación de las tareas a empleados que no están capacitados para desempeñar las actividades o muchas de las veces su capacitación es superior a la que se requiere. En este contexto, se presenta a continuación las causas y efectos de este tipo de despilfarro.

Tabla 9.

Causas y efectos del despilfarro de recursos humanos

Causas	Efectos
Falta de información hacia los empleados	Desmotivación, desconfianza de los empleados
Falta de formación	Desconfiar de los sistemas de mejora
Falta de motivación de los empleados	Desperdiciar posibles beneficios
Falta de atención a los empleados	Desaprovechar los recursos

Fuente: EADIC, (2013)

1.3.4 Las acciones participativas con los operarios:

Nace a partir de la filosofía *Kaizen*, la cual busca la gestión participativa de todos los miembros de una organización mejorando progresivamente sus habilidades, capacidades y actitudes, contribuyendo así en la mejora de cada proceso para garantizar la satisfacción plena de los consumidores.

1.3.5 La maximización del potencial para la cadena de valor

La cadena de valor es la herramienta de análisis estratégico fundamental que nos permite analizar por medio de la desagregación ordenada de actividades y cuál es la ventaja competitiva que tienen los productos frente a los de la competencia. Para la maximización

del potencial de la cadena de valor las empresas crean actividades con valor, las cuales se clasifican en actividades primarias y actividades de apoyo (GestioPolis, 2001).

Las cadenas de valor según Porter están conformadas por nueve categorías genéricas de operaciones que se integran de diferentes formas. Con estas categorías de cadena se puede elaborar una cadena de valor, que pueden ser palpadas en las actividades que se estén ejecutando. Además, las actividades se encuentran interrelacionadas entre sí y con las de otros actores como son los proveedores, de canales y demandantes, teniendo que esto sirve de indicador para determinar la ventaja competitiva. En este sentido, se presenta a continuación el diagrama de la cadena genérica de valor de Porter.



Gráfico 2. Cadena de valor genérica de Porter
Fuente: Porter,(2000)

1.3.6 Principios básicos

La filosofía *lean manufacturing* aplica cinco principios básicos:

1. La identificación y definición de la cadena de valor.
2. La identificación de los flujos de valor.
3. La congruencia o alineamiento de los flujos de valor con las acciones del proceso productivo.

4. La flexibilidad en el proceso acorde a las necesidades o exigencias de los clientes.
5. La búsqueda de la perfección.

La aplicación de estos principios tiene objetivos claramente definidos que al cumplirse garantizan la consecución de la calidad total del proceso. Entre los mencionados objetivos, se busca la eliminación o minimización de los defectos o desperdicios, definidos por aquellos materiales o características que no agregan valor al cliente; lo cual implica también una reducción de costos. Otro objetivo está asociado a la reducción de los tiempos de despacho, lo cual implica la eficiencia de los procesos.

En lo que respecta al inventario, se busca minimizar el inventario en materia prima para no desperdiciar capital de trabajo. Esto se extiende también a inventario en proceso y producto terminado. Se busca que las existencias puedan cumplir con las exigencias de la demanda sin que se incurra en un problema de sobre existencias.

El *lean manufacturing* está enfocado no sólo al proceso, sino también a los operarios que forman parte de él. En este sentido, uno de sus objetivos está orientado a la reducción de tiempos muertos u ociosos por parte del equipo humano. Así, se busca maximizar la productividad de la persona, también se desea la eficiencia del proceso mitigando y solventando las restricciones o cuellos de botella, de tal forma que se maximice el flujo o velocidad en el proceso. Finalmente, a medida que se consiguen reducciones en los tiempos del proceso, se pueden conseguir menores costos de producción, y uso eficiente de la maquinaria y el espacio.

1.4 Herramientas

1.4.1 Eventos *Kaizen*

La palabra *Kaizen* se la puede traducir como el mejoramiento continuo, fundamentado en varios métodos que permiten determinar las variables más importantes del proceso productivo, para realizar una mejora continua del mismo, ayudado con herramientas multidisciplinarias. La finalidad del *Kaizen* es obtener una mejora constante, en los que

respecta a calidad y reducción de los costos de producción con cambios simples que se pueden adaptar.

Este espíritu de mejora continua se basa en la frase “siempre hay un método mejor” que conduce a la búsqueda de la excelencia mejorando la competitividad de las operaciones, con innovaciones pequeñas pero que traen grandes cambios. (Hernández y Vizán. 2015).

Al hacer *Kaizen* los trabajadores irán mejorando los estándares de la empresa y al hacerlo podrán llegar a tener esquemas de muy alto nivel y alcanzar los objetivos de la empresa. Por ello, es importante que los estándares nuevos implementados para mejoras o modificaciones sean analizados e involucren siempre la seguridad, calidad y productividad de la compañía (Morales, 2015). Además, el *Kaizen* usa el Círculo de Deming, como herramienta para alcanzar sus objetivos y metas.

La implementación de los eventos *Kaizen* trae consigo múltiples beneficios, tales como:

- Mejorar el desempeño.
- Tiempos cortos de respuesta.
- Mejor distribución de la infraestructura.
- Eleva el rendimiento de personas y maquinas.
- Mejora el orden y limpieza.
- Mejora la calidad.
- Mejora la comunicación.
- Incremento de la capacidad productiva.
- Mejores condiciones de trabajo. (Socconini, 2008)

Para lograr la efectividad de los eventos *Kaizen*, hace falta más que querer mejorar por ser competitivos en el mercado, es importante que la dirección y los niveles operativos estén en sincronía con el concepto de mejora, generando espíritu de excelencia y liderazgo en todos los niveles.

Claves del espíritu *Kaizen*

- Apertura al cambio.
- Integración de las áreas.

- Propuestas de mejora.
- Corregir errores in situ.
- Encontrar ideas en la dificultad.
- Plantear los 5 porque y sus soluciones.
- Tener en cuenta las ideas de todos.
- Probar para validar.
- Pensamiento de mejora infinito. (Hernández y Vizán, 2013)

1.4.1.1 Implementación

Para la implementación de los eventos *Kaizen* se requiera de una planificación previa para determinar los siguientes puntos (Socconini, 2008):

- Plantear el evento, el mismo que puede venir de clientes internos, externos, proveedores, dirección, jefaturas o cualquier agente que haya detectado una oportunidad de mejora.
- Elección de un líder de equipo, persona que cuente con las habilidades de dirección, liderazgo y conocimiento técnico del tema.
- Elección del patrocinador del evento, persona con la capacidad de tomar decisiones y apoyar el proyecto.
- Selección del equipo, conformado por no más de 10 personas; el equipo debe ser multidisciplinario, que conozca del tema a tratar y temas relacionados además cada integrante debe tener capacidad de relación y espíritu de trabajo en equipo.
- Preparar la logística, sala de reuniones, materiales y demás insumos necesarios para ejecutar el proyecto.
- Comunicación formal a los participantes del evento en el que apoyaran
- Documentar el evento, se formaliza todos los puntos anteriores por medio de un documento “definición del evento *Kaizen*”.

Una vez convocado y formalizado el evento, este se llevará a cabo en las condiciones planteadas en el documento del evento *Kaizen*, planteando el tema a tratar, las oportunidades de mejora, acuerdo entre todos los involucrados y finalmente llegando a las conclusiones y

soluciones del problema; dicha solución viene acompañado de la implementación de herramientas *lean*.

Es importante que al concluir el estudio se recopile los acuerdos y planes de acción a ejecutar para su posterior seguimiento, vale aclarar que mientras se trabaja en esta herramienta se debe proponer responsables y fechas de implementación para garantizar el cumplimiento de las actividades de mejora.

1.4.2 Las 5' S

El objetivo de esta herramienta es de mantener y mejorar los escenarios de organización, orden y limpieza, además de buscar el avance continuo de la eficiencia, trabajo, ambiente laboral y seguridad. La herramienta consta de 5 principios básicos, pasos fundamentales para lograr su éxito, *seri, seiton, seiso, seiketsu* y *shitsuke*. Palabras japonesas que significan respectivamente; seleccionar, organizar, limpiar, estandarizar y seguimiento.

La implementación de esta herramienta no requiere inversiones de capital, sin embargo, demanda de un alto compromiso tanto de la dirección como de los niveles operativos, por lo que la efectividad de la herramienta solo se garantiza si existe el compromiso de todo un grupo de trabajo.



Gráfico 3. Las 5' S
Fuente: Socconini, (2008)

Seleccionar (*seiri*)

Fundamenta en el análisis e identificación de los suministros que son necesarios de los innecesarios, para luego quedarse con los que solo aportan un verdadero valor al área de trabajo. Esta herramienta resulta muy útil, pues controla el flujo entre las cosas que sirven y las que no, ayuda a encontrar las operaciones que se necesitan en el tiempo y lugar que se requiere, optimiza espacios, evita manipulaciones y pérdidas.

Pensamiento negativo: “En algún momento lo necesitaré” generando una costumbre de colección de cosas que interrumpen las actividades diarias.

Existen algunas herramientas que ayudan a que esta tarea resulte más sencilla de lo que ya es, por ejemplo, la tarjeta roja permite describir los elementos organizados en un sitio, aparador, escritorios etc.

Tabla 10.

Herramienta para la puesta en marcha del TQM

TARJETA ROJA			
NOMBRE DEL ARTÍCULO			
CATEGORÍA	1. Maquinaria	6. Producto terminado	
	2. Accesorios y herramientas	7. Equipo de oficina	
	3. Equipo de medición	8. Limpieza	
	4. Materia Prima		
	5. Inventario en proceso		
FECHA	Localización	Cantidad	Valor
RAZÓN	1. No se necesita	5. Contaminante	
	2. Defectuoso	6. Otros	
	3. Material de desperdicio		
	4. Uso desconocido		
ELABORADA POR		Departamento	
FORMA DE DESECHO	1. Tirar	5. Otros	
	2. Vender		
	3. Mover a otro almacén		
	4. Devolución proveedor		
FECHA DESECHO			

Fuente: Hernández y Vizán, (2013)

La tarjeta roja es un buen ejemplo que ayuda a identificar elementos de un lugar de trabajo, sin embargo, esta puede ser susceptible de modificaciones, adaptándola de manera que resulte útil en cualquier área de trabajo. Las herramientas *lean*, no solo se aplica en la manufactura, pues tiene una diversificación de sus herramientas para cualquier área de la empresa. Un buen ejemplo son las herramientas 5's que puede aplicarse en los distintos niveles organizacionales.

A continuación, se muestra una lista de los puntos de chequeo en los que se puede aplicar esta herramienta.

Tabla 11.

Lista de chequeo

META	PUNTOS DE CHEQUEO
Ficheros, libros, planos, documentos, etc.	Libros y documentos cuyo periodo de almacenaje especificado haya expirado, conservando solo los archivos necesarios. Documentación guardada por duplicado.
Carteles o anuncios	Documentación caducada o no actualizada.
Mobiliario, estantes, archivadores, etc.	Muebles en desuso, rotos o con aspecto deteriorado, archivadores que no se utilizan.
Máquinas y accesorios	Máquinas técnica y económicamente obsoletas o de mal uso.
Stocks	Productos acabados, productos en curso, materiales en proceso, materiales de test.
Equipos, utillajes, herramientas, etc.	Elementos viejos, obsoletos, desgastados o defectuosos.
Otros artículos	Ítems relacionados con la gestión o diseño que son de necesidad cuestionable en programas, elementos que se han retirado del equipo, cosas que no se usan nunca, etc.

Fuente: Rajadell, C. M., & Sánchez, G. J. L. (2010).

Organizar (*seiton*)

Consiste en determinar un orden lógico en cual se deben distribuir los materiales y suministros, con la finalidad de poderlos identificar de manera clara y eficiente permitiendo encontrarlos, usarlos y restablecerlos a su lugar.

Entendiendo el concepto de: cada cosa en su lugar y un lugar para cada cosa; se puede decir que su aplicación es bastante simple pues se logra identificando un lugar adecuado para las cosas y marcarlo para una guía visual. Es importante colocar los elementos de uso habitual al alcance, los elementos que son útiles, de uso no tan frecuente, en un lugar ordenado para evitar pérdidas y desplazamientos innecesarios.

Pensamiento negativo: “Mañana lo ordeno”; situación que aplaza y no genera la importancia que se debe otorgar a la herramienta.

El gráfico a continuación muestra brevemente una manera correcta de organizar los artículos según la frecuencia de uso.

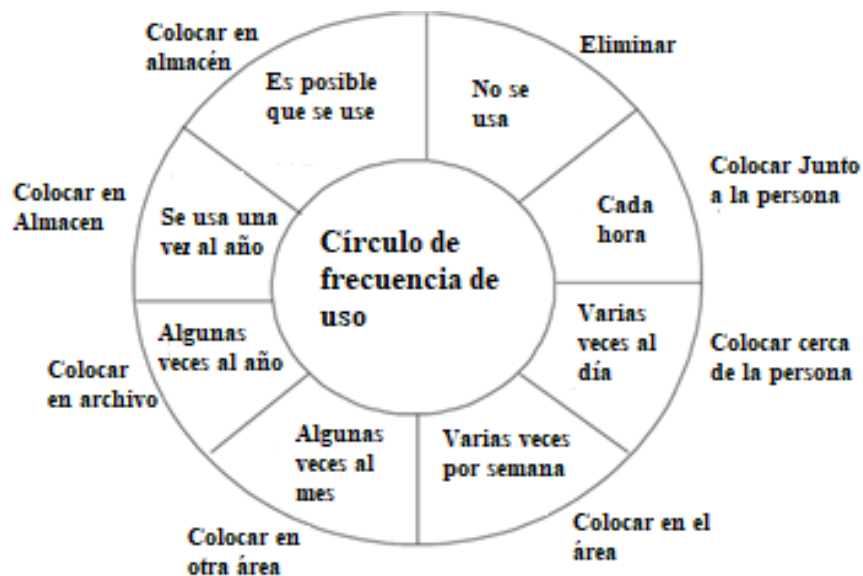


Gráfico 4. Círculo de frecuencia de uso
Fuente: Rajadell, C. M., & Sánchez, G. J. L. (2010).

Limpiar (*Seiso*)

Consiste en analizar e identificar las fuentes de suciedad para luego eliminarlas y que los medios estén seguros para que conserven la eficiencia.

Su aplicación suena muy sencilla, pero demanda de un cambio en la disciplina y cultura de la organización pues debe implantarse un pensamiento de:

- Integrar la limpieza en las actividades diarias, como parte del trabajo.
- Asumir la limpieza como parte de las actividades de inspección.
- Detectar desorden, causas, consecuencias para emitir un plan de acción.
- Conservar todos los elementos en condiciones óptimas.

La limpieza suena a una actividad que por defecto está en todos los seres humanos y que en consecuencia se refleja en los hogares y organizaciones, sin embargo, resulta difícil que esta tarea sea ejecutada con compromiso y liderazgo por todos los agentes que forman parte de estos establecimientos. Esta actividad se menciona en todas las herramientas del *lean*, los beneficios de esta tarea aparentemente sencilla son múltiples y no requieren inversión, entre

ellos se menciona la reducción potencial de los riesgos por accidentes, genera condiciones de trabajo óptimas, incrementa la vida útil de los equipos, etc.

Estandarizar (*seiketsu*)

Quizás la tarea más difícil para lograr el éxito de la implementación de 5's, es la estandarización. Pues esta es la fase en la que se consolida las tres tareas anteriores como un hábito que garantizara la perdurabilidad de la herramienta, su aplicación demanda la constancia, compromiso y cambio de cultura organizacional. Esta etapa es la base para crear ciclos de auditoria y establecimiento de metas y recompensas.

Para implantar una cultura de limpieza y orden estandarizado se puede crear líderes de equipo, que transmitan y verifiquen continuamente los 3 hábitos de las 5's anteriormente descritos, a su vez se deberán asignar responsabilidades y tareas específicas adicionales a la lista de actividades diarias de cada colaborador.

Seguimiento (*shitsuke*)

Hace relación a trabajar con respeto a la normativa establecida y disciplinada. Con la finalidad de mantener la eficiencia en el trabajo.

El líder de implementación del proyecto 5's tiene la facultad de elaborar herramientas que le permita visualizar y controlar que las normas de estandarización se cumplan conforme la normativa establecida.

A Continuación, se muestra un breve resumen de las técnicas 5's mencionadas:

Tabla 12.

Resumen de herramientas 5's

SEIRI Separar y eliminar	SEITON Arreglar e identificar	SEIDO Proceso diario de limpieza	SEIKETSU Seguimiento de los primeros 3 pasos, asegurar un ambiente seguro	SHITSUKI Construir el hábito
Separar los artículos necesarios de los no necesarios	Identificar los artículos necesarios	Limpiar cuando se ensucia	Definir métodos de orden y limpieza	Hacer el orden y la limpieza con los trabajadores de cada puesto
Dejar solo los artículos necesarios en el lugar de trabajo	Identificar los artículos necesarios	Verificar que haya “un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar”	Aplicar el método general en todos los puestos de trabajo	Formar a los operarios de cada puesto para que hagan orden y limpieza
Eliminar los elementos no necesarios	Marcar áreas en el suelo para elementos y actividades	Limpiar cuando se ensucia	Desarrollar un estándar específico por puesto de trabajo	Actualizar la formación de los operarios cuando hay cambios
Verificar periódicamente que no haya elementos no necesarios	Poner todos los artículos en su lugar definido	Verificar sistemáticamente la limpieza de los puestos de trabajo	Verificar que exista un estándar actualizado en cada puesto de trabajo	Crear un sistema de auditoría permanente de planta visual y 5s

Fuente: Hernández y Vizán, (2013)

1.4.2.1 Implementación de las 5's

Las 5's son herramientas muy importantes del *lean manufacturing* por su aporte en la eficiencia de las actividades diarias de una organización. Esto genera una gran pregunta para varias organizaciones, ¿Cuándo es un buen momento para iniciar y cómo hacerlo?, la respuesta al ¿Cuándo iniciar?, dependerá de la estrategia organizacional de la empresa, nunca es un mal momento para hacer mejoras pequeñas pero que tienen resultados significativos en la eficiencia de una compañía.

No obstante, servirá como input para las organizaciones saber que, si se identificaron falencias en la capacidad de respuesta para producir, tiempos de ciclo largo, ineficiencia en

las operaciones, etc., el momento de actuar debe ser inmediato. También es útil empezar con esta herramienta cuando se tiene planes de certificaciones en administración de la cadena de valor como la norma ISO9000 que hace referencia al control y gestión de la calidad.

Por otra parte, respondiendo al ¿Cómo hacerlo?, “*lean manufacturing* paso a paso” (Luis Sacconini, 2008); explica de manera resumida los pasos que deben aplicarse para una correcta implementación de las 5’s y el tiempo estimado que conlleva cada etapa.

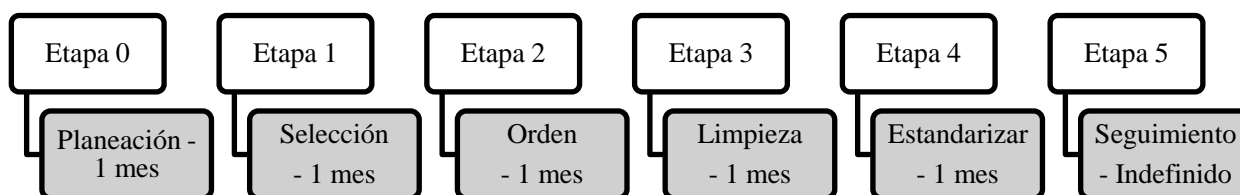


Gráfico 5. Las 5' S

Fuente: Elaboración propia, (2020)

Se recomienda aplicar la metodología en un área piloto, es decir se debe seleccionar un departamento de la empresa en la que resulte más fácil su aplicación. Por ejemplo, en un área pequeña de la organización de tal manera que el mensaje sea más fácil transmitir y asimilar, generando de esta manera seguridad para los colaboradores quienes serán parte activa de la implementación.

Se debe capacitar al personal y motivarlo para que realicen las actividades no como una orden impuesta por la organización, sino más bien entendido como un beneficio y facilidades que les brindara la herramienta. Una implementación fallida en un área piloto es mucho más fácil de solventar y corregir que en toda la organización, pues el factor humano es muy sensible por lo que una mala práctica puede traer consigo la falta de compromiso de la gente por considerar como una herramienta burocrática y de poco valor.

En conclusión, la mejor herramienta para lograr el éxito en la implementación y continuidad de las 5’s es el liderazgo y apoyo de la dirección de la empresa, generando una cultura de cambio y mejora continua que se verá retribuida en tareas más eficientes y productivas. Las organizaciones que tienen una estrategia enfocada en una mejora constante de sus operaciones garantizan su perdurabilidad y competitividad en el mercado. Bajo este enfoque muchas organizaciones han ido más allá de las 5’s, por los extraordinarios resultados

obtenidos de las mismas y demostrando que los principios *lean manufacturing* no son estáticos y su campo de estudio es muy amplio y han generado nuevos conceptos que complementan las 5's tradicionales. Estas 5's adicionales son: *shikari*, que significa constancia; *shitsukoku*, que significa compromiso; *seishoo*, coordinación; y *seido*, sincronización.

1.4.3 Trabajo estandarizado

La estandarización busca los mecanismos y medios por el cual el trabajo se realice siempre de la misma manera. Mediante la implementación de procesos estandarizados que sean consistentes, predecibles y favorables a la mejora de la producción. Entre los elementos, que ayudan a obtener una estandarización eficiente tenemos:

- *Takt time*.
- Serie de actividades estándar.
- El inventario que se encuentra en proceso (WIP).

Además de esto, existen formatos que sirven como herramienta para el análisis de las operaciones que ayudarán a la permanencia y consistencia de las actividades, estas son:

- Formato (hoja) para cronometrar los tiempos.
- Hoja de cálculo, para medir la capacidad del proceso productivo.
- Tabla combinada de actividades y operaciones.

1.4.3.1 Implementación

Una actividad de estandarización requiere del estudio detallado de cada proceso, por lo que es recomendable que la implementación sea por etapas y en un área piloto.

El procedimiento para seguir es:

1. Selección de un proceso u operación específica.
2. Cronometrar actividades; para esta tarea suele utilizarse una hoja de medición de tiempos.

3. Calcular de la capacidad de operación.
4. Documentar el diseño ejecutado.
5. Diseñar el proceso estándar.
6. Documentar el procedimiento.

Es importante que en el estudio se detalle el número de recursos humanos y automáticos que conlleva la actividad sujeta a la investigación, se debe analizar detalladamente las restricciones del sistema que servirán para marcar el ritmo de producción, siendo un insumo base para la elaboración del mapa de valor.

Una actividad de estandarización se puede aplicar en todas las áreas de una organización, (Hernández y Vizán, 2013) una aproximación de las más importantes en la industria manufacturera:

- Estandarización para el control de la calidad.
- Estandarización para una óptima gestión de los equipos.
- Estandarización para la gestión de operaciones.
- Estandarización para el control de la producción.

1.4.4 Kanban

Kanban es un sistema de control visual, esta herramienta pues conforma uno de los factores de éxito de Toyota que se basa en la garantía total, la producción en cantidad y tiempo exacto, mediante el flujo sincronizado de materiales (*pull*). En otras palabras, el sistema *pull* tiene por objetivo la fabricación de materiales al mismo ritmo en el que se consume.

Kanban se lo pueden conceptualizar de la siguiente manera “Es una palabra japonesa que significa tarjetas visuales, esta técnica ha sido creada en Toyota y es utilizada para controlar el avance del trabajo, dentro de la producción” (Rojas & Soler, 2017, p. 120). Su principal finalidad es de tener un trabajo ordenado y sistematizado, es decir una guía de información sobre lo que se va a producir, la cantidad, con que recursos y como transportarlo. Además, entre los beneficios que aporta a la empresa tenemos” (Rojas & Soler, 2017):

- Disminuir o eliminar el stock que existe entre procesos intermedios.

- Cumplir con los tiempos de entrega solicitados por el cliente.
- Mejorar la calidad del producto por una mejor detección de los defectos de este.
- Tratar de no acumular inventarios.
- Proporciona que la elaboración este controlada.
- Se puede alcanzar a tener una producción flexible según la demanda. (p. 120)

Basado en el concepto de fabricación de materiales en tiempo y cantidad que se requieren, éxito dos tipos de *kanban*:

- Kanban de producción, que indique que y cuanto producir para el proceso posterior.
- Kanban de transporte, que indica que y cuanto material se debe movilizar para el proceso anterior.

Este tipo de tarjetas denominas *kanban* cumplen un objetivo principal que es; aprovisionarse del material que se necesite eliminando el sobre stock tanto en materias primas como en producto terminado.

Se presenta una ilustración para hacer más fácil la comprensión de este contenido.

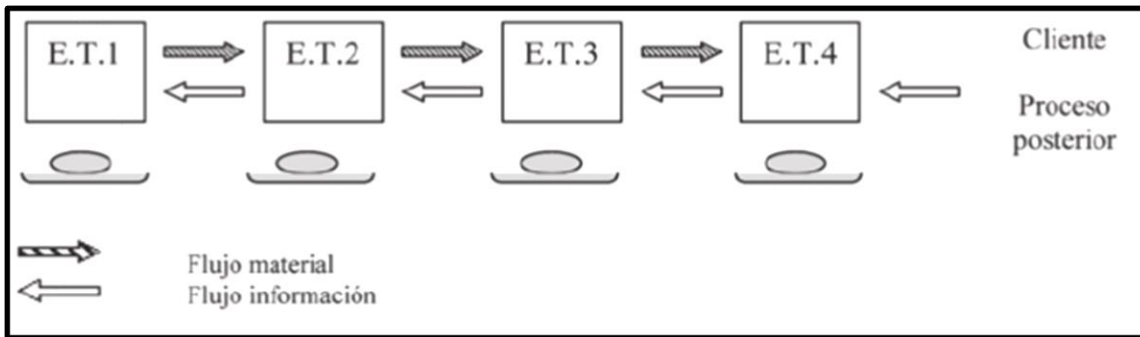


Gráfico 6. Flujo *kanban*

Fuente: Rajadell, C. M., & Sánchez, G. J. L. (2010).

En esta imagen se logra comprender de manera más sencilla quien genera la primera orden de trabajo es el cliente, esta disposición de trabajo es un transporte o flujo *kanban* de información. Posterior esta orden de trabajo llama a la entrega de materiales de la estación de trabajo número tres (E.T.3), quien a su vez genera una orden de trabajo para la estación número 2 (E.T.2) y en consecuencia la estación uno (E.T.1). (Rajadell, C. M., & Sánchez, G. J. L., 2010).

1.4.4.1 Implementación

La herramienta, aunque muy útil, demanda de un exhaustivo trabajo para lograr su excelencia, por ejemplo, Toyota empresa pionera en el manejo de esta herramienta, tardo 10 años en perfeccionarla. La herramienta demanda de habilidades estadísticas y de planificación que sincronice la demanda con la producción, tarea que suena fácil teóricamente, pero en la práctica es muy complicada de implementar; sin embargo, existe una metodología que puede facilitar el trabajo, siempre y cuando se desarrollen a la par otras habilidades, como la relación con los proveedores, nivelación de la producción, la destreza y excelencia de los recursos (máquina-hombre) en el desempeño de sus funciones.

En consecuencia, a lo expuesto, primero se debe determinar cuántas tarjetas *kanban* se necesitan en una determinada producción. Para lograr definir el número ideal de flujos *kanban* se requiere de una metodología de: prueba error, que se ira ajustando conforme se vaya perfeccionando el cálculo y las habilidades técnicas, relacionales. Para lograr esta determinación se utiliza la fórmula a continuación

$$N \text{ de } kanbans = \frac{(\text{Consumo medio diario} * \text{duración del stock deseado}) + \text{stock en curso}}{\text{Cantidad de piezas en el cuadro}}$$

A medida que este cálculo se va afinando, se puede encontrar el número óptimo de tarjetas *kanban* para tener respuesta óptima a la demanda, adicional también es necesario determinar el *kanban* de los artículos que suministraran la tarjeta del cliente, para esta definición se aplica la siguiente fórmula:

$$K = ((D * Q * R) / (H * P))$$

En dónde D, es el número de artículos que se necesitan para el turno; Q cantidad total de cada pieza utilizada; R tiempo de reposición de las piezas luego de su solicitud; H número de horas de trabajo por turno; P piezas que salen del almacén, como un paquete de tornillos de 5° unidades.

No obstante, el cálculo debe ser afinado y trabajado con áreas multifuncionales de la organización, la herramienta requiere de un alto grado de conocimiento estadístico y técnico y se puede apoyar este estudio con softwares que facilitan el cálculo.

1.4.5 Heijunka

Al igual que el *kanban*, el *Heijunka* es una técnica que nivela la producción en función de la demanda. Esta herramienta funciona en fábricas que disponen de diferentes modelos y necesitan una buena gestión de la producción nivelada por lotes en un turno o día de trabajo. Es decir, la herramienta maximiza la eficiencia de las operaciones en lotes pequeños sin entorpecer el proceso en cada cambio.

La herramienta se utiliza cuando la implementación *kanban* ha llegado ya a un nivel de madurez y se requiere afinar en mayor medida la planeación de la producción por lotes. La implementación exitosa de la herramienta puede llegar a ser un verdadero sistema *pull*, a medida que se va afinando el ritmo de la producción en sincronía del ritmo de consumo por lotes o modelos, los picos y valles del inventario dejan de ser tan pronunciados, se puede decir que la fabricación esta nivelada con la demanda.



Gráfico 7. Nivelación de la producción
Fuente: Rajadell, C. M., & Sánchez, G. J. L. (2010).

La clave de un sistema *pull*, es conseguir en flujo continuo a lo largo de la cadena de producción; la primera vista que debemos dar para lograrlo es identificar donde no hay flujo continuo, una vez identificado hay que buscar las causas para poder eliminarlo. Las principales razones de no lograr un flujo continuo suelen darse por 3 razones: 1) lotes de producción demasiado largos y complicados, 2) creer que el ritmo de producción avanza con el ritmo de las ventas y; 3) tener deficiencia en la logística (Carreras y Sanchez, 2010).

Organización para conseguir flujo continuo

Tabla 13.

Organización flujo continuo

Organización tradicional	Organización de flujo continuo
Áreas de trabajo separadas.	Puestos de trabajo conjuntos.
Altos niveles de producto intermedio en curso.	Cada operario trabaja sobre una unidad (<i>one piece flow</i>).
Grandes lotes a la espera del siguiente proceso.	

Fuente: Rajadell, C. M., & Sánchez, G. J. L. (2010).

Un proceso de flujo continuo se basa en el traslado de lo que estrictamente se necesita, cuando se requiera y la cantidad exacta de la necesidad demandada.

1.4.5.1 Implementación

Para la implementación de esta herramienta se debe seguir el siguiente proceso:

- Cédulas de trabajo.
- Flujo continuo pieza a pieza.
- Determinación del *takt time*.
- Nivelar el *mix* y el volumen de producción.

Cédulas de trabajo

Para la creación de cédulas de trabajo es necesario crear un flujo continuo de fabricación, es decir se necesita crear un *layout* del producto juntando las actividades que van en la cadena de producción; generalmente la cadena suele estar diagramada en forma de “U” ya que esta estructura facilita el trabajo de los operarios y la entrada y salida del producto que se encuentran al mismo nivel. El diagrama de flujo continuo requiere que los productos estén agrupados por familias, personal capacitado y flexible.

Flujo continuo pieza a pieza

Representa el tiempo de producción y empaque, se trata de mantener el flujo continuo en temporadas altas y bajas, fabricando lo estrictamente necesario y disminuyendo al máximo

los desperdicios. El flujo inicia desde el cliente con la información, luego viene a transformarse en un flujo de materiales y operarios.

Determinar el *takt time*

El *takt time* o también llamado Tiempo *takt*, es un concepto utilizado por las empresas para el aseguramiento del cumplimiento con la demanda. Este concepto se centra en el tiempo o ritmo con el que se deben producir las respectivas unidades de tal forma que puedan satisfacerse las exigencias de los consumidores.

El *takt time* puede calcularse en base a las unidades demandadas y el tiempo que se encuentra disponible. Para ejemplificar lo anterior, se puede considerar una empresa productora de calculadoras que requiere fabricar 500 unidades en un lapso de 6 horas, la velocidad de producción unitaria debe ser de 1 minuto 23 segundos para alcanzar a cumplir con lo requerido. A este tiempo se le denomina *takt time* y permite que las empresas definan ritmos de producción que posibiliten cumplir con las exigencias de sus consumidores.

A diferencia de lo que pueda pensarse, el *takt time* es definido por los clientes y no por la empresa. Por esta razón, se diferencia del tiempo de ciclo que nace de la empresa y sus restricciones naturales de producción. Con el objetivo de que una empresa pueda satisfacer las exigencias de sus consumidores, necesita que su tiempo de ciclo sea inferior que su *takt time*, de lo contrario la compañía estaría en la obligación de realizar reinversiones en máquinas o personal si desea cumplir con lo que solicitan sus clientes.

En resumen, el *takt time* puede definirse como el tiempo en que un producto debe elaborarse o fabricarse para cumplir con las exigencias de los clientes. Es la frecuencia de acabado de un producto que garantice la entrega de la producción total requerida en el tiempo especificado por el consumidor, lo que implica:

- El *takt time* está determinado por la producción requerida.
- El *takt time* sirve de base para construir el sistema de operaciones.
- Durante el *takt time*, cada operación se produce una y solo una vez.

Uno de los errores comunes es pensar que el *takt time* está constituido por el tiempo que tarda en elaborarse un producto. Lo correcto es que el *takt time* representa el ciclo de producción

requerido para satisfacer una demanda específica. Si el proceso de producción no puede alcanzar el *takt time*, se necesita cambiar la demanda o el proceso.

Variables y cálculo

Calcular el *takt time* implica determinar la velocidad a la que debe producirse cada unidad para satisfacer una demanda específica. El *takt time* afectará las siguientes partes del flujo operativo (Ingeniería de Calidad, 2018):

- Número de operarios en la línea. Incremento del número de operarios puede disminuir los tiempos de producción para alcanzar el *takt time*.
- Periodicidad de alimentación de la línea.
- Periodicidad de alimentación de la estantería dinámica
- Cantidad de componentes consumidos. (p. 1)

El *Takt time*, finalmente, resultará de la relación del tiempo de trabajo y la producción requerida. A continuación, se muestra la ecuación:

$$TAKT = \frac{\textit{Tiempo de trabajo}}{\textit{Producción requerida}}$$

A su vez, el tiempo de trabajo está constituido por la diferencia existente entre el tiempo de turno y el no productivo, según se muestra a continuación:

$$\textit{Tiempo de trabajo} = \textit{Tiempo de turno} - \textit{tiempo no productivo}$$

Finalmente, la producción requerida resulta del agregado de la producción y el número de piezas *scrap*, según se muestra en la ecuación:

$$\textit{Producción requerida} = \textit{producción} + \textit{número de piezas scrap}$$

El tiempo de trabajo suele medirse en minutos o segundos, según la carga de trabajo que se va a implementar. Por su parte, la producción requerida se expresa en unidades.

Nivelar el mix y el nivel de producción

Es importante tener un inventario nivelado con la demanda, tanto en cantidades como en *mix* de producto. La producción en lotes de gran volumen interrumpe este proceso, porque se requiere mayor capacidad instalada para la fabricación en volumen de todo un *mix* de producto, este esquema infla el costo fijo de la producción siendo un proceso ineficiente y que le resta competitividad a la compañía.

1.4.6 Control Visual

La metodología *lean manufacturing* es una de las más aplicadas en los sistemas productivos, y no sería raro que, pensando en la productividad, no se explote herramientas de fácil interpretación y lectura. El concepto de control visual no es algo reciente, años atrás es notorio que los soldados de las guerras se comunicaban por medio de señales, como banderas, símbolos, uniformes etc. por la fácil interpretación del mensaje.

“El ser humano capta información por medio de los sentidos; la vista; por la cual captamos el 80% de información, el oído; que capta el 10%, el olfato con el 5%, el gusto con el 3% y el tacto 1%” (Slater 2002).

En este sentido, puede decirse que un lugar de trabajo visual es el pilar en una transformación *lean* o de adelgazamiento de procesos, ya que asegura que las mejoras llevadas a cabo en el lugar de trabajo sigan claramente visibles, fácilmente entendidas y adheridas adecuadamente por y para cada uno a lo largo del proceso *Kaizen*. (Abril, 2013, p.40)

Las fábricas visuales, es un entorno donde la información importante es presentada en un medio físico y es eliminada la innecesaria que solo provoca improductividad y una nula creatividad. Generalmente estos elementos visuales sirven para:

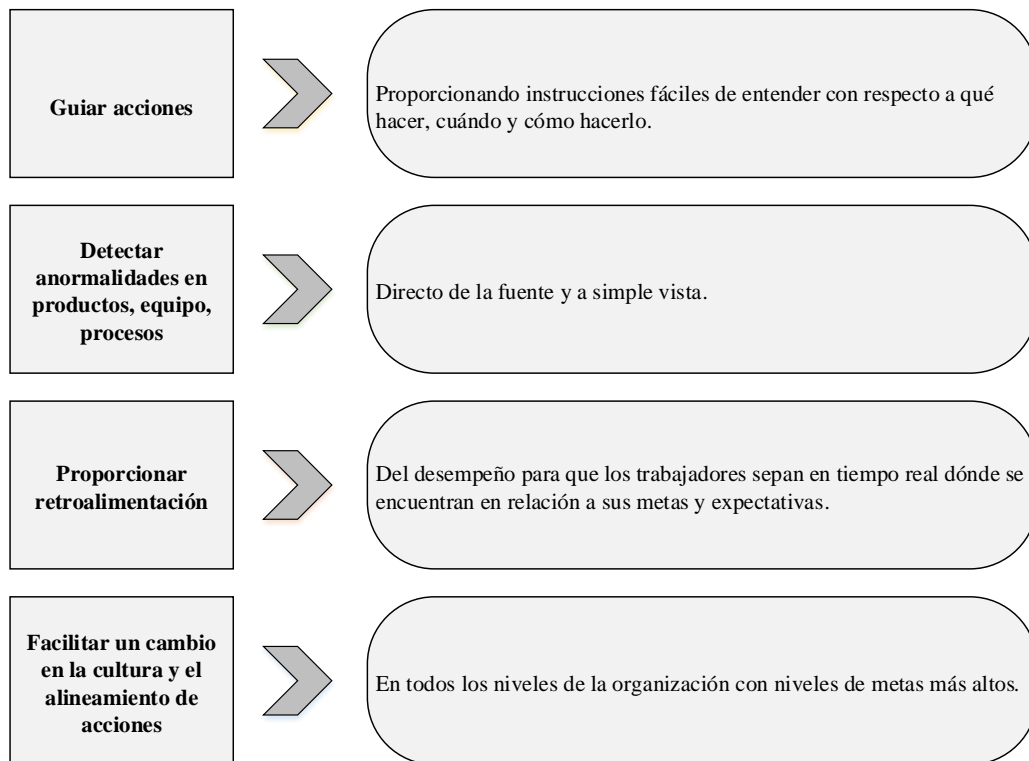


Gráfico 8. Visuales
Fuente: Garvin, (2015)

Uno de los sistemas visuales más utilizados en el control visual, es el sistema *andon*, cuyo propósito es alerta a los operarios por medio de señales visuales que la producción ha sufrido daños o defectos. El objetivo es medir procesos mas no personas.

1.4.6.1 Implementación

Al igual que las herramientas descritas anteriormente, la implementación debe seguir una lógica que permita obtener los mayores beneficios de estas herramientas, dentro de los cuales tenemos: la reducción de costos, mejoras en la calidad, aumentar la seguridad, mejorar tiempos de respuesta, mejorar la solución de problemas y ayuda en gran medida a la comunicación e interpretación del mensaje.

Antes de implementar este sistema, es importante que nos planteemos las siguientes preguntas, que nos servirán de guía para garantizar una correcta aplicación (Luis Vicente Sacconini, 2008)

¿Qué necesitamos monitorear?

¿Cuáles y donde están los puntos críticos en la producción?

¿Cómo se indicarán las anomalías?

¿Qué tan fácil se pueden solventar?

¿Qué acciones se tomarán?

Dando respuesta a estas preguntas, se puede determinar qué tipo de control será más beneficioso para la producción y estará apegado a la realidad y situación de cada proceso productivo.

Dentro de los tipos de control visual se puede encontrar: las alarmas, lámparas, tableros de información, listas de verificación, indicadores y el *kanban*, del cual se extiende la revisión para una mayor apreciación de esta herramienta.

1.4.7 Smed

Se ha definido el *smed* (cambio de herramienta en minutos) como la teoría y herramientas elaboradas para realizar las operaciones de cambio en menos de 10 minutos (Ferradás & Salonitis, 2013)

Este sistema se originó por la necesidad de lograr una producción *JIT* (justo a tiempo), que fue uno de los pilares más importantes de la empresa Toyota, que fue desarrollado con la finalidad de reducir los tiempos de preparación de las máquinas, pretendiendo hacer lotes de menor tamaño. En contra de las doctrinas clasistas el ingeniero Shigeo Shingo, afirmó que los métodos usados por las empresas solo se enfocaban en mejorar la capacidad y habilidades de los operarios, sin mejorar el método de uso (Mohamad & Ito, 2013).

El éxito de este sistema comenzó en la empresa Toyota, mediante una disminución del tiempo de cambios de las matrices de un espacio de una hora a cuarenta minutos a tres minutos, esto se dio gracias a la demanda insatisfecha del mercado que existía, además de exigir una variedad más amplia de productos. Es una técnica ampliamente verificada y validada por

muchos expertos, su implementación es vertiginosa y totalmente efectiva en la mayor parte de los equipos e instalaciones industriales (Mohamad & Ito, 2013).

Bajo estos conceptos podemos determinar que es una herramienta útil para incrementar la productividad de las operaciones. La aplicación de esta herramienta se basa en tres principales ideas:

1. Siempre es posible reducir el tiempo de cambio.
2. No es solo un problema técnico, si no de organización.
3. Solo con la aplicación de un método rigurosos se obtiene grandes resultados.

Antes de continuar con la implementación de esta herramienta es importante aclarar el concepto de tiempo de cambio. Para lo cual se presenta el siguiente grafico tomado de (Carreas y Sánchez, 2010).

Tabla 14.

Conceptos tiempo de cambio

Procedimientos de Tiempo de cambio	Descripción de los procedimientos de cambio
Cambiar utillajes y herramientas	Estos procedimientos son típicos en talleres mecánicos, donde los operarios han de fijar y retirar moldes, sierras, fresas, etc.
Cambiar parámetros estándar	Estos procedimientos se dan cuando intervienen máquinas de corte de elevada precisión o equipos de proceso químico programados, donde los operarios cambian los parámetros estándares usados en diferentes tareas de proceso.
Cambiar piezas a ensamblar u otros materiales	Cada vez que en una línea cambia el modelo de producto, recibe piezas y otros materiales que se incorporan al nuevo modelo. La preparación en estos casos incluye el cambio de utillajes.
Preparación general previa a la fabricación	Este tipo de preparación incluye una gran variedad de actividades para tener a punto el material, los útiles, las herramientas o los accesorios, por ejemplo: arreglar el equipo, ensayar el proceso y ajustar, limpieza general, asignar tareas a trabajadores, revisar planos, etc.

Fuente: Rajadell, C. M., & Sánchez, G. J. L. (2010).

Los tiempos de cambios deben ser de conocimiento general, no debería este sujeto a respuestas ambiguas como el: posiblemente, depende de, quizás es, no es seguro, y mucho

menos el desconozco. Porque su desconocimiento define que la organización no sabe cuál es su ritmo de producción, ni la capacidad que tiene de producción.

Fórmula:

Tiempo por unidad

= ***tiempo de cambio***

+ ***tiempo para producir una unidad más número de piezas***

Viendo esta fórmula, resulta fácil visualizar que: al disminuir los tiempos de cambio se incrementa la capacidad de producción, es decir que los segundos que se optimizan cambiando herramientas, se ganan con un mayor número de unidades producidas. Por ello la reducción del tiempo de cambio generar mayor productividad y disminuye el costo de producción.

Concluyendo, el concepto establece que una de las herramientas de *lean manufacturing* tiene por filosofía la producción en base a la demanda, suena contradictorio el querer mejorar los tiempos de producción si lo que la empresa quiere es trabajar según lo que la demanda exige (*pull*). Esta duda se solventa indicando que la producción flexible es aquella que es idónea para producir una gran variedad de artículos en lotes pequeños y que el intercambio entre los mismo no disminuya la productividad de la fábrica. Si el tiempo de cambio entre lotes distintos de producción es el mínimo, la producción estará en sincronía con la demanda. (Carrera y Sánchez, 2010).

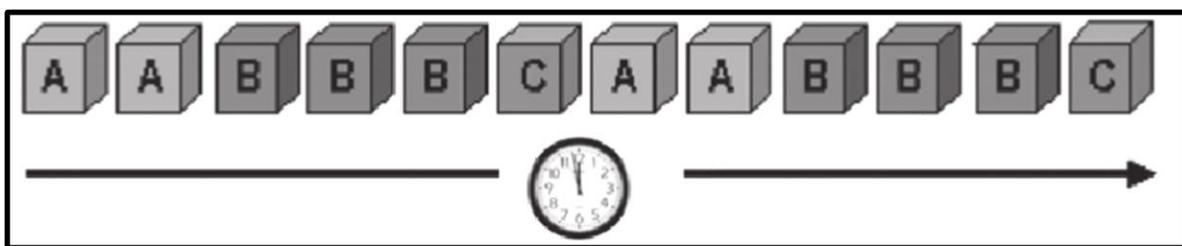


Gráfico 10. Tiempo de cambio entre lotes
Fuente: Rajadell, C. M., & Sánchez, G. J. L. (2010).

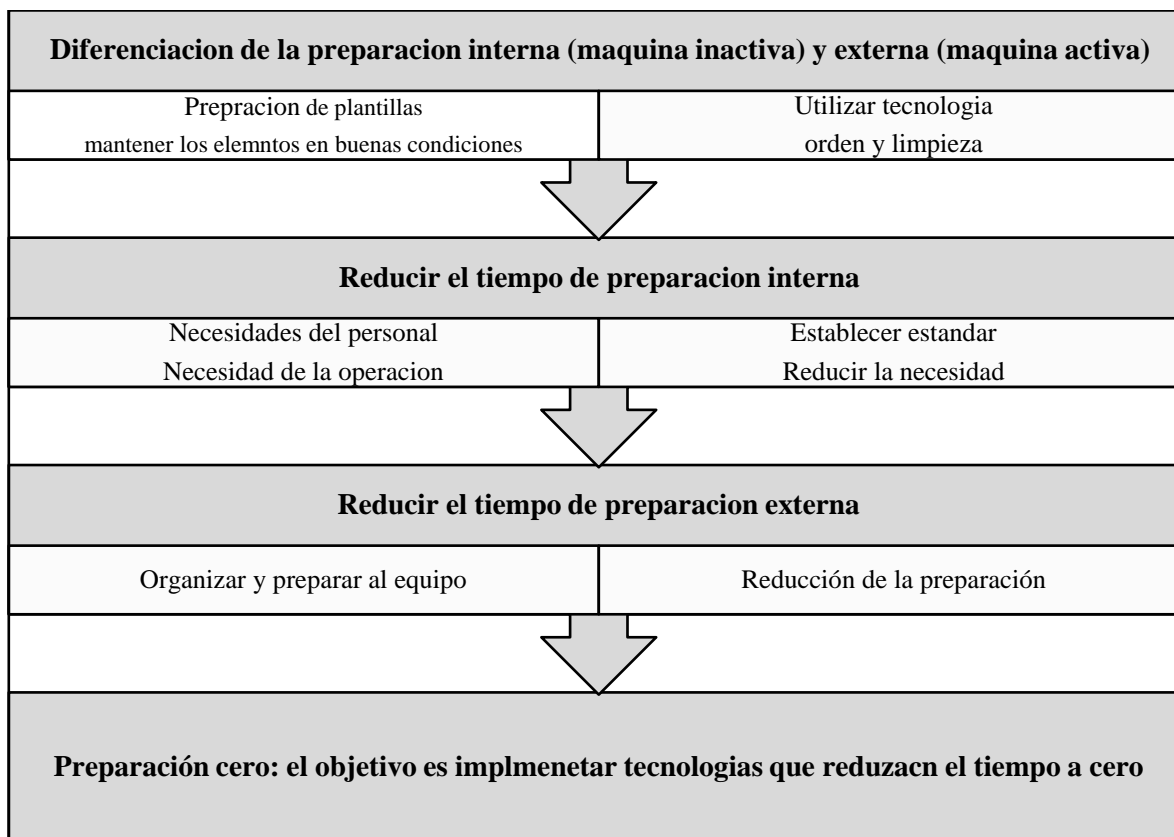
1.4.7.1 Implementación

Para llevar a cabo la implementación de *smed*, se debe partir de estudios de tiempos y movimientos, identificando las actividades del proceso y los movimientos que demanda cada

actividad para posterior estudio que generalmente se realiza en cuatro fases (Hernández y Vizán, 2013):

Tabla 15.

Tiempo de cambio entre lotes



Fuente: Elaboración propia, (2020)

1.4.8 Jidoka

El *Jidoka* es un término japonés que significa automatización, esta metodología está enfocada en la gestión de la calidad total, la misma que basa su filosofía en el principio de “hacer las cosas bien a la primera”, de esta manera no se admite que un producto con errores de calidad siga en la línea. La calidad total, como todas las herramientas de *lean manufacturing* se logra con compromiso y esfuerzo de toda la organización, es así como la metodología pretende eliminar el exceso de inspecciones por medio de la asignación de responsabilidades, en otras palabras, cada operario es el responsable de hacer bien su trabajo, no admite errores pues el plan de producción no considera la fabricación de piezas adicionales.

En resumen, la técnica *Jidoka* enfoca sus esfuerzos en el control automático del proceso más no del producto. Una de las herramientas más conocidas para garantizar la calidad total aún si se cometan errores es el sistema *poka yoke*, herramienta de *lean manufacturing* que trata de que los errores no produzcan defectos y menos aún continúen en la cadena de producción.

1.4.9 Poka yoke

Es un procedimiento que cuyo significado es “a prueba de errores”, la finalidad del método es de buscar disminuir o evitar los errores que pueden ser provocados por los humanos o máquinas. Generalmente, las actividades de fábricas que tienen procesos mecanizados y repetitivos son muy susceptibles a fallos y tienen una alta probabilidad a cometer errores, ya sean operaciones simples o complejas. El *poka yoke*, es muy útil para reducir los riesgos con procedimientos sencillos, así entre los elementos que conforman esta herramienta son:

- Función de control
- Función de advertencia

Entre las ventajas del sistema *poka yoke* tenemos (Guerrero , 2017):

- Se reduce el riesgo de cometer errores y crear defectos.
- El trabajador puede centrarse en actividades que añaden valor, en lugar de dedicar energía a comprobaciones para la prevención de errores o a la subsanación de estos.
- Establecer un poka-yoke supone optimizar la calidad actuando sobre la fuente del defecto, en lugar de sobre controles posteriores.
- Se caracterizan por ser simples y económicos. (p. 1)

Los sistemas *poka yoke* permiten tomar acciones inmediatas por su efectividad en las inspecciones, estos sistemas pueden detectar fallos en: procesos, mano de obra, métodos deficientes, maquinaria etc. Estos sistemas están basados específicamente en detectar errores de calidad evitando que los costes de no calidad se incrementen por cambios de producto, reprocesos o excesivas actividades de inspección.

1.4.9.1 Implementación

Para una correcta implementación se debe identificar la necesidad de implementar un sistema advertencia o de prevención. Luego de realizada la tarea se debe seguir una secuencia de paso que parten desde la planificación previa a la emisión de los *Kaizen*, ya que estos se implementaran siguiendo la metodología de trabajo.

Para lograr el éxito en su implementación se debe tener presente los principios básico:

- Los errores son inevitables, los defectos no.
- Detectar los erros a tiempo, antes q se convierta en defecto.
- La mejor herramienta es aislar la fuente del problema.

Mantenimiento productivo total (TPM)

Mantenimiento productivo total, se lo pude definir como “un conjunto de múltiples acciones de mantenimiento que permite eliminar las pérdidas por tiempos de paradas no programadas de las máquinas” (Rojas & Soler, 2017, p. 120). La finalidad del mantenimiento productivo total es lograr la eficiencia de los equipos e instalaciones de los procesos productivos, mediante una reducción de inversión innecesaria de ellos y al mismo tiempo incrementar la flexibilidad del sistema productivo, así entre sus ventajas tenemos (Rojas & Soler, 2017):

- Mejor control de las operaciones.
- Mejora de la fiabilidad y disponibilidad de los equipos.
- Disminución de los costes de mantenimiento.
- Aumento de la calidad del producto final.
- Bajos costes financieros por recambios. (p. 120)

El no mantenimiento de los equipos también constituye uno de los desperdicios que *lean manufacturing* busca eliminar por medio de la aplicación de sus diferentes herramientas. En el cuadro a continuación se presenta las 6 grandes pérdidas en lo equipos productivos (Hernández y Vizán, 2013).

Tabla 16.

Perdidas por falta de TPM

Tiempo muerto	Perdidas de velocidad	Defectos
<ul style="list-style-type: none">• Fallas en los equipos• Preparación y ajuste	<ul style="list-style-type: none">• Paradas• Velocidad reducida	<ul style="list-style-type: none">• Defecto en los procesos• menor rendimiento de la puesta en marcha

Fuente: Elaboración propia (2020)

Al igual que las otras herramientas del *lean manufacturing* el TPM, es una metodología que se basa en los siguientes pilares (Socconini, 2008):

- Mejoras enfocadas.
- Mantenimiento autónomo, planificado y de calidad.
- Capacitación.
- Seguridad.

1.4.9.2 Implementación

Antes de revisar las fases de implementación es importante recordar que todas las herramientas *lean manufacturing* están apegadas a la eliminación de los desperdicios, uno de los cuales es el sobre *stock*, es por ello que en apartados anteriores se mencionó la importancia de fabricar únicamente lo que la demanda exige, entonces surge la pregunta ¿ Como la implementación de la herramienta TPM aporta a este concepto?, la respuesta es que para lograr una producción en tiempo y cantidad que se requieran, todos los recursos deben estar en las condiciones y en el tiempo que se necesitan.

Aclarando el rol del TPM, se desplegará las fases de implementación de este (Hernández y Vizán, 2013).

- Fase preliminar, aquí se debe identificar el número de equipos y el estado actual, se realizarán tareas preventivas.

- Volver a la situación de inicio, es decir dejar la línea de producción como cuando el proveedor la instalo.
- Eliminar zonas de suciedad y de difícil acceso.
- Aprender a inspeccionar el equipo, es importante que el usuario de las herramientas pueda darles mantenimiento, para esto es necesario brindar las capacitaciones y recursos que desarrollen estas competencias al usuario, de tal forma que la tarea de inspección sea autónoma.
- Mejora continua, en esta fase los operarios tienen los conocimientos y habilidades para maniobrar y dar mantenimiento preventivo a las máquinas. En este punto es necesario que exista control de auditoría para monitorear la eficiencia de la implementación del TPM, definir los indicadores para detectar fallas y desviaciones que permitan corregir errores de manera oportuna. Como se ha explicado las herramientas lean están enfocadas a la mejora de la competitividad y productividad de los procesos, así es como TPM utiliza como indicador el índice de eficiencia global de un equipo, conocido por sus siglas en inglés OEE; *overall equipment efficiency*.

El indicador de eficiencia de un equipo OEE, se calcula todos los días en la producción, este indicador mide el número de piezas que se deben producir en óptimas condiciones, con relación al número de piezas sin defectos que realmente se produjeron. Para plantear este indicador se necesita conocer los índices de: disponibilidad, eficiencia y calidad

Fórmula: $OEE = (D * E * C)$

En donde el índice D, cuantifica la fracción de tiempo que un equipo realmente está trabajando, reflejando las pérdidas por averías y paros.

Coefficiente E, mide el nivel de funcionamiento de un equipo contemplando en su resultado los paros por tiempos muertos, pérdida de velocidad de la producción menor a la que se planteó.

Finalmente, el coeficiente de calidad C mide la fracción de la producción que cumple con los estándares de calidad, reflejando aquella parte de la producción defectuosa con errores.

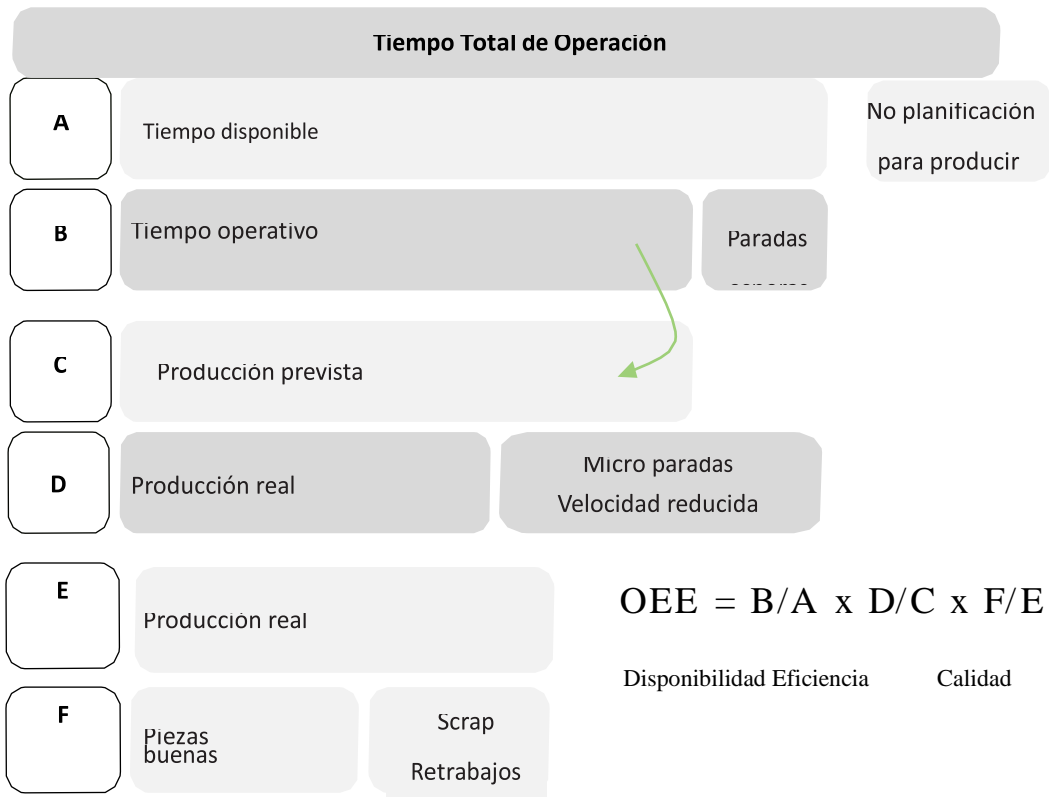


Gráfico 9. Esquema de componentes OEE
Fuente: Hernández y Vizán, (2013)

1.4.10 Hoshin Kanri

Es una herramienta que facilita la planeación estratégica de una empresa alineando los objetivos con las actividades en las siguientes perspectivas (Sacconini, 2010):

- Identificación de objetivos.
- Evolución de restricciones.
- medición del desempeño.
- Desarrollo de planes.
- Revisiones periódicas.

Su implementación se realiza en dos fases, la definición del plan estratégico y la administración estratégica. Esta planeación debe realizarse anualmente pero su enfoque es a largo plazo, de tal manera que se establezcan proyectos que permitan llegar a la obtención de los objetivos planteados en el plan estratégico

Capítulo 2. Implementación

1.5 Metodología

En el capítulo anterior se revisó el concepto filosofía, pilares y múltiples herramientas de *lean manufacturing* que ayudan a las empresas a ser más eficientes en sus operaciones, su producto se vuelve más competitivo, se elimina el desperdicio, gestiona la relación con proveedores y satisface al cliente. Pero como es de saberlo, los accionistas crean empresas con el fin de obtener rentabilidad, la implementación de cualquiera de las herramientas *lean manufacturing* deben sostenerse en un plan estratégico a mediano o largo plazo, esta implementación debe ser vista como un proyecto estratégico para la compañía, de tal manera que debe ser evaluada constantemente, redireccionada a los objetivos estratégicos planteados por la dirección; es así que esta implementación constituye un proyecto para la organización, y sus recursos deben ser cuidados con el fin de que estas inversiones no se transformen en un gasto en el que deberá incurrir la compañía si fracasa el proyecto.

Los rubros en los que incurrirá la compañía por la implementación de las técnicas *lean manufacturing* también deberán estar sustentados en el plan estratégico, puesto que su nivel de inversión dependerá de los objetivos planteados por la organización. Existen compañías que realizan pocas inversiones implementando técnicas de *lean* que no demandan muchos recursos, esto también dependerá del nivel de maduración de la empresa con respecto a procesos, cultura, y necesidad.

(Sacconini, 2008) indica que existen tres elementos fundamentales que se deben considerar para el éxito de una implementación *lean*:

1. *Lean manufacturing* es un proyecto estratégico.
2. Se debe preparar la estructura organizacional para trabajar con herramientas *lean*.
3. Toda la organización debe entender y comprometerse con la implementación *lean manufacturing*.

El éxito solo se puede garantizar cuando la estrategia está bien planteada y la dirección da el total apoyo al proyecto para canalizar todas las actividades al cumplimiento de los objetivos

y en consecuencia su éxito, queda claro que la implementación de una metodología *lean* empieza por la dirección y se integra con la organización.

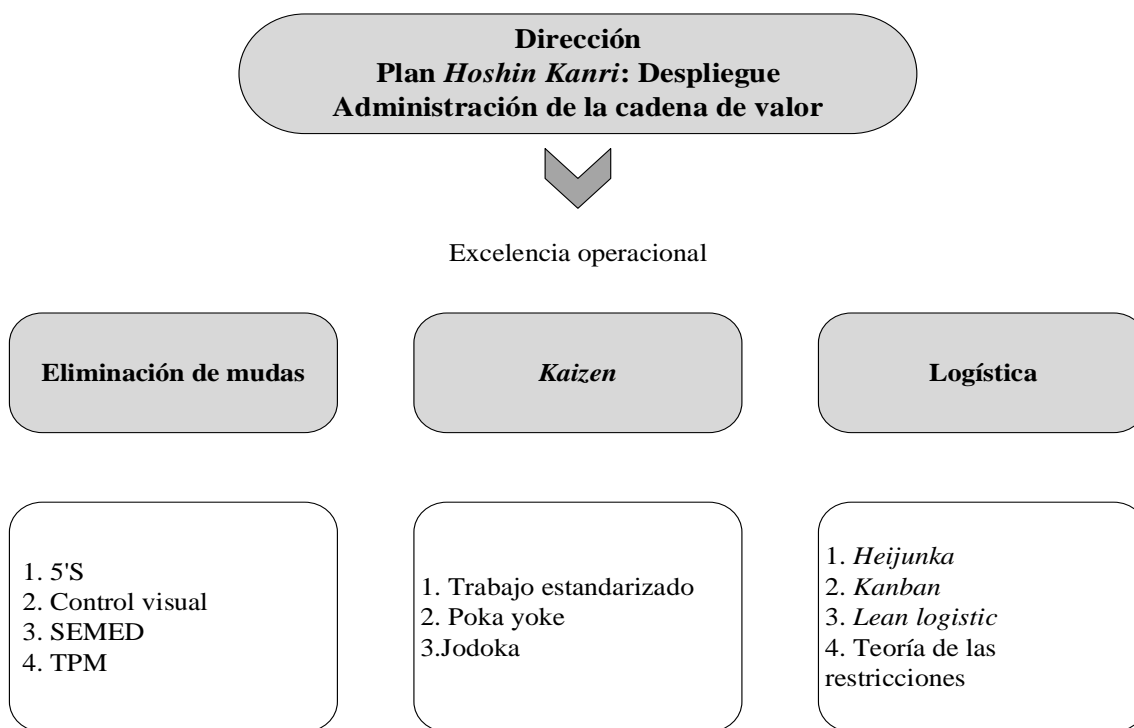


Gráfico 10. Modelo estratégico
Fuente: Sacconini (2008)

En el gráfico 12 se puede observar como el planteamiento de la estrategia que puede realizarse por medio de *hoshin kanri* es la base fundamental para plantear las actividades y herramientas que se requieren conforme a las necesidades de la empresa, donde prima la participación de toda la organización para conseguir la excelencia organizacional. Este enfoque permite que la estrategia organizacional llegue a cada trabajador.

Es muy común que en las organizaciones la gente de trabajo operativo desconozca la estrategia de la empresa, no conocen los objetivos y metas que persiguen, esto se debe a que hay fallas en la comunicación interna y es un error muy común que impide que las actividades operativas que son la razón de ser de la empresa; estén alineadas con la estrategia de la organización.

Considerando los temas tratados anteriormente podemos decir que la implementación de *lean manufacturing* dependerá de varios factores, sin embargo existe una guía de implementación

que puede ser útil para que las empresas se encaminen en su proyecto de implementación de las técnicas y herramientas descritas anteriormente, no obstante esta ruta de implementación debe traer consigo modificaciones, eliminación o se puede agregar puntos y herramientas que vayan conforme a lo que necesita cada empresa, todo dependerá de su situación, recursos, dirección y por supuesto su plan estratégico.

Un correcto método para la implementación del *lean manufacturing* es contemplar en su plan un diseño por lo menos las siguientes fases:

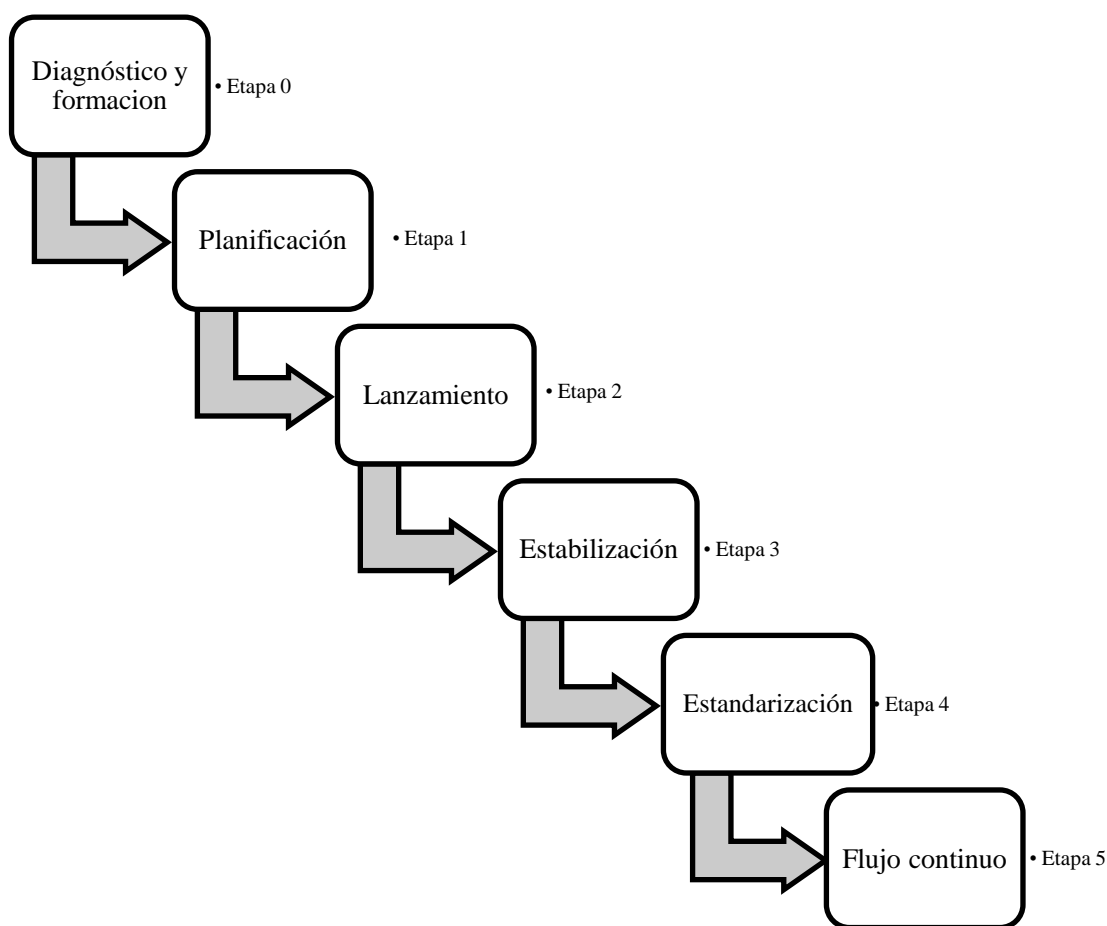


Gráfico 11. Fases de implementación
Fuente: Sacconini (2008)

1.5.1 Etapa 0 diagnóstico

Para empezar la aplicación de herramientas *lean manufacturing*, primero se debe diagnosticar el estado actual de proceso de fabricación para determinar por donde se debe iniciar las

acciones de mejora, cuáles y cuantos son los recursos que se van a necesitar, que problema se debe resolver y garantizar que haya un plan estratégico aprobado y conocido por toda la organización.

Sacsonini, (2008) Determina que este diagnóstico debe ser realizado por los directivos en conjunto con especialistas en cada área de la organización. Por ello deben establecerse y analizarse a detalle las siguientes fases:

Tabla 17. Fases de diagnóstico

<p style="text-align: center;">ESTRATEGIA</p> <ul style="list-style-type: none"> • Planeación • Comunicación • Seguimiento • Control 	<p style="text-align: center;">ESTRUCTURA</p> <ul style="list-style-type: none"> • Organización • Personal • Información 	<p style="text-align: center;">DISEÑO</p> <ul style="list-style-type: none"> • Necesidad del cliente • Diseño de: Producto, proceso y controles
<p style="text-align: center;">LOGÍSTICA</p> <ul style="list-style-type: none"> • Proveedores • Clientes • Inventarios • Planeación de la producción 	<p style="text-align: center;">OPERACIONES</p> <ul style="list-style-type: none"> • Prevención • Solucion de problemas • Mejora continua • Orden y limpieza • Control visual • Flujo • Matenimiento • Calidad • Control de material y proceso • Medicion del desempeño 	<p style="text-align: center;">FINANZAS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Contabilidad fiannciera • Contabilidad Adminsitrativa • Contabilidad operacional.

Fuente: Sacconini (2008)

Este análisis servirá como punto de partida para determinar la situación de la organización en cada uno de sus procesos y serán las bases para el establecimiento de la estrategia. Es importante saber que no se trata de avanzar rápidamente en cada proceso, sino de hacer un estudio a detalle y de calidad que permita realizar una implementación del sistema *lean manufacturing* de manera exitosa, sin tropiezos y errores.

A continuación, se presenta un esquema de flujo para la Etapa 0, Diagnóstico

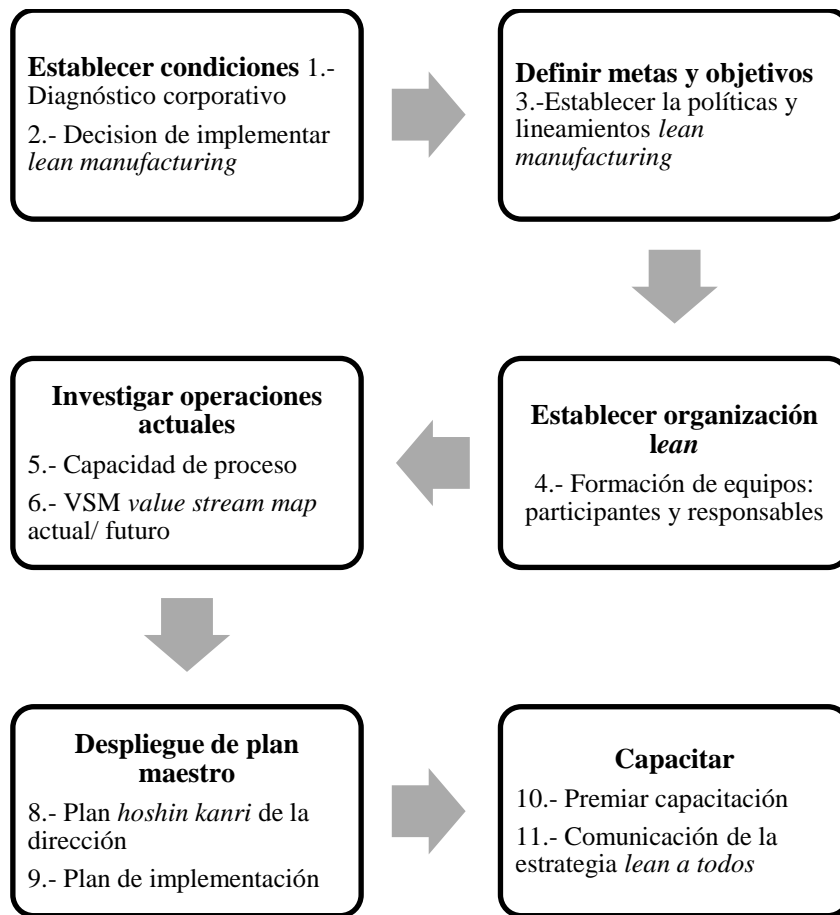


Gráfico 12. Flujo de diagnóstico
Elaboración propia (2020)

En esta etapa de diagnóstico podemos observar que una de las herramientas claves para la identificar la situación de la empresa es el VSM (*Value stream map*) o mapa de la cadena de valor de la cual hablaremos a continuación.

Si bien el VSM es una herramienta del *lean manufacturing*, se toca los conceptos, funciones y ventajas en este capítulo con el fin de destacar su valor como una herramienta esencial previo a la implementación de *lean manufacturing*. Este es un estudio detallado del flujo de operaciones, actividades e información que interactúa en una organización, estudio que debe realizarse con el fin de conocer la situación actual de la compañía en cuanto a sus operaciones de fabricación.

(Carreas y Sánchez, 2010) antes de iniciar un proceso de implementación *lean manufacturing*, es necesario cartografiar todas las actividades que se involucran a lo

largo un flujo de valor para un producto o sus familias de productos, la información que servirá para análisis debe ser tomada en el momento de estudio, pues no debe confiarse en información pasada ya que esta no reflejara la situación del momento y busca datos actuales para obtener resultados veraces y confiables. Este levantamiento de información no es un trabajo individual, se debe conformar equipos capacitados para lograr esquematizar todos los procesos de la planta de producción.

(Sacconini, 2008) el VSM es una herramienta que permite conocer las actividades que agregan valor y las que no agregan valor al proceso, siendo un pilar para establecer los planes de mejora con un enfoque muy preciso. Permite diseñar un sistema que se adapte a los constantes cambios de la demanda, determinados por las necesidades del cliente. Las empresas cuyos objetivos principales sean la rapidez, calidad e innovación serán las que logren prevalecer en el mercado.

(Hernández y Vizán, 2010) el VSM es una herramienta que permite ver de manera esquematizada y panorámica la cadena de valor en la organización, desde el flujo de información hasta el flujo de materiales, actualmente este trabajo de levantamiento de información resulta más sencillo con los diferentes softwares que usan simbología normalizada para su elaboración.

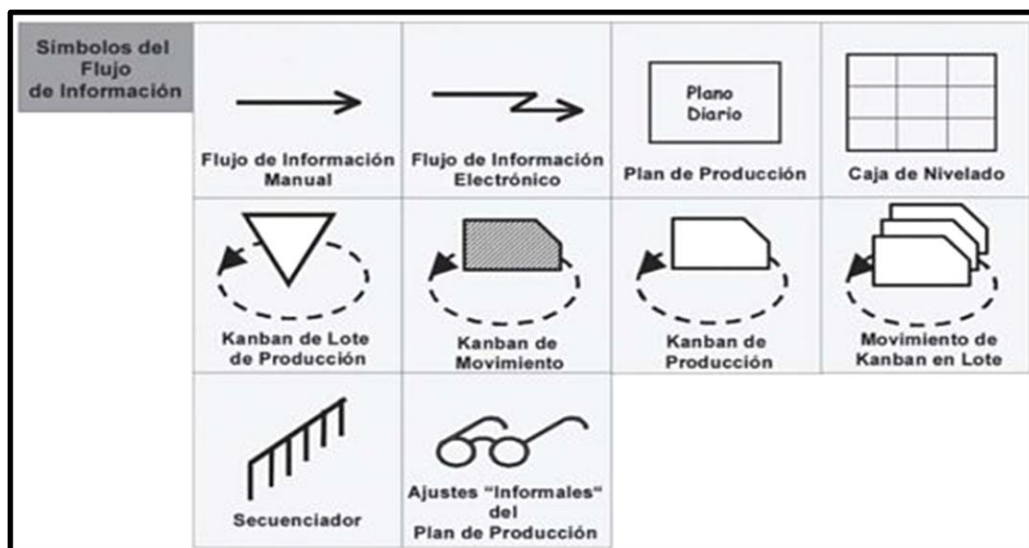


Gráfico 13. Flujo de información
 Rajadell, C. M., & Sánchez, G. J. L. (2010).




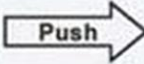





Símbolos del Flujo de Materiales	 Operación de Valor Añadido	 Operación de Control	 1000 piezas 1.3 días Material Parado	 Movimiento de Materiales Empujado					
 Movimiento de Material Tirado	<table border="1" data-bbox="756 422 886 569"> <tr><td>T/C: 65 seg.</td></tr> <tr><td>C/S: 400 seg.</td></tr> <tr><td>2 Turnos</td></tr> <tr><td>OEE: 60%</td></tr> </table> Datos de Proceso	T/C: 65 seg.	C/S: 400 seg.	2 Turnos	OEE: 60%	<table border="1" data-bbox="959 432 1097 516"> <tr><td>máx. 30 Piezas</td></tr> <tr><td>—FIFO—</td></tr> </table> Flujo de Materiales en Secuencia	máx. 30 Piezas	—FIFO—	 Localizaciones Externas
T/C: 65 seg.									
C/S: 400 seg.									
2 Turnos									
OEE: 60%									
máx. 30 Piezas									
—FIFO—									
 Transporte por Camión	 Transporte interno	 Supermercado							

Gráfico 14. Flujo de materiales
 Rajadell, C. M., & Sánchez, G. J. L. (2010).

Los mapas de valor permiten conocer las restricciones de un proceso identificando actividades de valor (VA) y las de no valor (NVA), este análisis permite plantear las acciones de mejora encaminadas a la velocidad de la producción, la calidad del producto, el control del proceso y la satisfacción total de cliente. En este sentido existen dos tipos de mapas: VSM actual y VSM futuro.

Como ya se había mencionado, el VSM recoge la información por cada uno de los productos o familias de producto, aquí se detallará una aproximación del esquema para la elaboración de un VSM.

para la elaboración de un VSM es necesario conocer algunos términos:

- Tiempo de ciclo individual: tiempo que dura cada actividad.
- Tiempo de ciclo total: es el tiempo que dura cada operación.
- Tiempo de valor agregado: tiempo de trabajo en actividades que transforman el producto en lo que requiere el cliente.
- Tiempo de cambio de modelo: tiempo que toma cambiar de un proceso a otro por las características del producto.
- Número de personas para cada proceso.

- Tiempo disponible de trabajo: tiempo de trabajo restando, descansos.
- Plazo de entrega o *lead time*: tiempo que se necesita para que un producto recorra la cadena de valor.
- Tiempo de funcionamiento *up time* % de tiempo de utilización de las máquinas

Los pasos para la construcción del VSM son:

- Crear las familias de producto: se debe agrupar los productos por familias y enlistar indicando las operaciones y el tiempo de ciclo de cada actividad

Tabla 18.

Familias de producto

Producto	Operaciones						Total tiempo de ciclo
	Corte	Pintura	Lijado	Perforado	Ensamble	Empaque	
FAMILIA 1	25	45	30	15	55	17	187
FAMILIA 2	30	45		22		17	196
FAMILIA 3	25	40	33		50	19	184

Fuente: Elaboración propia (2020)

En la tabla se puede observar que la familia uno está inmerso en todos los procesos, mientras que los productos de la familia dos no pasan por dos actividades y la familia tres no requiere de una actividad, es así como se van clasificando las familias.

- Crear el mapa de valor actual por medio de los diagramas y símbolos estudiados, para la creación del mapa de valor se debe elegir una familia a la vez.
- Crear el mapa de valor futuro, se dibujarán los procesos interrelacionados y sus tiempos.
- Plantear mejoras por medio de eventos *Kaizen*.

Después del estudio detallado de la información referente a los procesos, actividades de valor y no valor y luego de conocer por medio del VSM el estado actual de la empresa podemos dar paso a la siguiente fase de la metodología de implementación *lean manufacturing*.

1.5.2 Etapa 1 planificación

Dependiendo de los resultados de cada empresa, se realizará una planificación específica para lograr el éxito de sus operaciones e incrementar su competitividad.

La planificación cuenta con algunos pasos específicos como:

- 1) Establecer el diagrama del proyecto, objetivos, tareas tiempos, recursos, etc.
- 2) Definir los indicadores de gestión, de tal manera que se puede dar un seguimiento al mismo y sobre todo que permita definir en primera instancia los criterios con los que serán evaluados.
- 3) Organizar los equipos de trabajo, definiendo la estructura responsabilidades, actividades a desarrollar, la metodología que se va a utilizar, definir las herramientas *lean* que serán implementadas, definir capacitaciones de personal para que los líderes tengan pleno conocimiento de técnicas lean, definir la estrategia de comunicación.
- 4) Definir un plan de integración o implementación como un ERP (Sistema de gestión de recursos empresariales), si no se posee un ERP, tener presente las tecnologías para la implementación
- 5) Selección de un área piloto, es importante tener un área de enfoque específica para el inicio de una implementación, pues al ser algo nuevo es preferible arrancar con un grupo focalizado en el que se puede determinar los patrones de conducta, la asimilación de las herramientas y la resistencia o apertura al cambio; de esta manera se minimiza el riesgo de un fracaso a nivel de la organización y se puede reenfocar el estudio de tal manera que se encuentre la manera adecuada para cada área.

1.5.3 Etapa 2 lanzamiento

En esta etapa se comienza con técnicas básicas y esenciales que su implementación no requiere de inversiones de capital, más bien involucran a las personas con conocimientos y técnicas *lean*, fomenta la disciplina en el grupo a medida que se van notando en pequeñas acciones grandes cambios que son de beneficio para los colaboradores y que será la carta de presentación y aceptación para toda la implementación del sistema.

1.5.4 Etapa 3 estabilización

En esta etapa se va afinando la implementación a la reducción de desperdicios, mejorar el mantenimiento de los equipos, la calidad del producto, estabilizar el proceso de producción con los tiempos previstos y las mejoras planteadas, reducir los lotes de producción al mínimo posible del punto de equilibrio de la producción. En esta etapa funcionan las herramientas como el TPM, talleres *Kaizen*, herramientas de automatización, detección de errores, mantenimiento preventivo, etc. En esta etapa es muy útil la interpretación de la información, se recomienda utilizar programas de análisis estadístico.

1.5.5 Etapa 4 estandarización

En esta etapa se debe lograr estandarizar los procesos que dieron resultados favorables, es decir que se debe documentar y estandarizar cada proceso que cumplió la meta fijada, como optimizar los métodos de trabajo, diseño de los métodos de trabajo que se adaptan a la demanda del cliente, adaptar el ritmo de producción conforme la demanda del cliente, adaptar la mano de obra y herramientas conforme a la producción necesaria para satisfacer la demanda

Los métodos implementados que dieron éxito deben estandarizarse, estos deben ser métodos de lotes pequeños fácilmente adaptables a la demanda fluctuante

1.5.6 Etapa 5 flujo continuo

Esta etapa trata de mantener la estandarización de la etapa anterior, llegar al cliente en tiempo y cantidad requerida, reducción del inventario, mejorara los sistemas de gestión calidad y control logístico de planta y de calidad del producto, e introducir más técnicas de *lean* avanzadas y equilibradas con los objetivos planteados, sin que entorpezcan el resultado de las técnicas ya implantadas en etapas anteriores.

Lo descrito son las fases mínimas que debe contemplar una implantación *lean manufacturing*, sin embargo, el diseño de implantación puede adaptarse según las necesidades, recursos, conocimientos y objetivos de cada organización. Cabe recalcar, si bien existe una etapa final

en esta metodología, no quiere decir que el proyecto se da por terminado, la implementación *lean manufacturing* nunca concluye, pues siempre hay oportunidades de mejora, mecanismos, nuevas tecnologías y nuevas técnicas que se pueden poner en marcha para la búsqueda total de la calidad, competitividad y satisfacción al cliente.

En consecuencia, siempre debe existir un mecanismo que nos permita realizar un análisis sobre la evolución y estado de cada una de las técnicas implementadas, existe un modelo propuesto por Hirano, (2002) que es una excelente guía para orientación sobre la eficiencia de la implementación *lean manufacturing* en cualquier tipo de empresa que haya decidido comenzar con la aplicación de la metodología.

En el cuadro se detallarán algunas de las herramientas *lean manufacturing* y su grado de madurez presentado en 5 niveles:

Tabla 19.

Madurez de herramientas lean manufacturing

HERRAMIENTAS LEAN MANUFACTURING	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 5
Cultura, mentalidad	Producción en gran escala	Orientación al producto	Orientación al mercado	Orientación al servicio	Orientación al servicio en cada proceso
Las 5s	Difícil identificación de cosas propias	Difícil para un externo saber dónde están las cosas de un tercero	La empresa utiliza gráficos para control visual	Empresa limpia y organizada	Empresa con mediana de prevención de desperdicios
Producción en flujo	“ <i>Layout job-shop</i> ”, producción gestionada en grandes lotes	“ <i>Layout job-shop</i> ” producción en pequeños lotes	“ <i>Layout en línea</i> ”, flujo en pequeños lotes entre procesos	“ <i>Layout en línea</i> ”, flujo de una pieza entre procesos	Plenas operaciones multiproceso con flujo de una pieza
Reducción costes	Procesos desordenados, estructura organizacional robusta	Asignaciones deficientes de tareas y no balanceadas	Mejor balance de actividades, descoordinación	Encaminada a multiprocesos eficientes	Asignación de actividades balanceada, estrechas variaciones en volumen de output
Kanban	Producción “ <i>push</i> ”, demasiado inventario y sin orden	Producción “ <i>push</i> ”, con puntos de almacenaje	Producción “ <i>pull</i> ”, con localizaciones y volúmenes fijos	Asignaciones flexibles de trabajo, con amplia variación	Kanban y mejoras

				de volumen output	
Control visual	Ocurren a menudo anomalías y solamente crean confusión	Ocurren a menudo anomalías y visualmente se resuelven de algún modo	Los supervisores saben cuándo ocurren anomalías	Cualquiera puede decir cuándo ocurre una anomalía	Se toma acción inmediata para remediar anomalías
Trabajo estandarizado	Un programa de producción mensual, procesos a su propio ritmo	Dos programas de producción por mes, procesos a su propio ritmo	Programa de producción semanal, la línea en su conjunto tiene alguna clase de ritmo común	Programa diario de producción, toda la línea tiene un ritmo común	Producción totalmente nivelada, toda la línea tiene un ritmo común
TPM	Una preparación de equipos cada mes, que requiere medio día cada vez	El personal es consciente de las necesidades de preparación de los equipos	Equipos de preparación de máquinas, mejoras en algunos talleres	Cambios de útiles en menos de diez minutos	Preparación de equipos dentro del tiempo de ciclo
Aseguramiento de la calidad	La fábrica entrega productos defectuosos y recibe quejas.	Los productos defectuosos se separan en inspección final y no se expiden	La fábrica produce artículos defectuosos, pero hay "feedback" de información para reducir defectos	Los procesos no pasan defectos a procesos siguientes (inspección independiente)	La planta crea la calidad en cada proceso (inspección en la fuente)
Operaciones estándares	Se dejan a cada operario los procedimientos de operación	Procedimientos de operaciones vagamente estandarizados en aproximadamente el mismo orden	Implantadas operaciones estándares en procesos individuales	Planificadas las operaciones, pero no completamente implantadas	Plena implantación de operaciones estándares y mejoras
Jidoka/Automación humana	Todos los procesos requieren asistencia manual, equipo para grandes lotes	Débil automatización	Trabajo humano y de máquinas, las máquinas producen defectos a veces	Personas y máquinas trabajan separados pero las máquinas a veces producen defectos	Personas y máquinas trabajan separadas, no se producen defectos, hay mecanismos de automatización humana
Mantenimiento y seguridad	Numerosas paradas y accidentes	Emplea especialistas en mantenimiento, accidentes ocasionales	Mantenimiento sistemático, sin accidentes importantes	Mantenimiento preventivo, casi libre de accidentes	Mantenimiento preventivo total, 0 accidentes

Fuente: Hernández y Vizán Carreras, (2013)

1.6 TI en la implementación de *lean manufacturing*

Las tecnologías de la información (TI) juegan un rol muy importante en la implementación, desarrollo y continuidad de una cultura *lean manufacturing*, si bien en el capítulo anterior y en el transcurso de este se pudo observar que varias de las herramientas no requieren de mayor tecnología, sino más bien su importancia radica en la cultura, dirección y liderazgo que se le dé al proyecto. No obstante, la tecnología suma un plus a la competitividad de las operaciones por la rapidez con la que se puede obtener la información y sobre todo la exactitud de los datos.

Por esto la inversión en herramientas TI no se debe dejar como una posibilidad ya que constituye un factor importante para perfeccionar los procesos internos de las compañías (Kotha y Swamidass, 2000) y mejorar las relaciones entre empresas por medio de la integración tecnológica de la cadena de suministro (Ranganathan et al., 2004). No obstante, son cortas las investigaciones que abordan el análisis de las relaciones existentes entre TIC y prácticas *Lean* o las relaciones entre TIC y cadena de suministro cuando existe adopción de prácticas *Lean* (Homer y Thompson, 2001, Cagliano et al., 2006, Ward y Zhou, 2006).

Los ERP's ayudan a visualizar de manera resumida y concreta los resultados obtenidos de una herramienta *lean manufacturing*, podemos visualizar las desviaciones y fallas generadas en el proceso siempre. De ahí la importancia de integrar las herramientas *lean manufacturing* con herramientas TI.

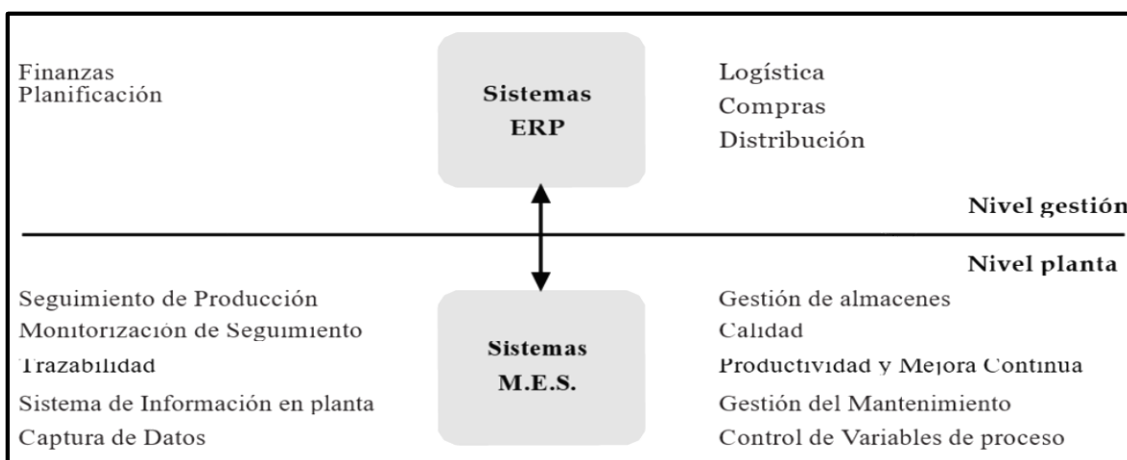


Gráfico 15. Integración ERP con áreas funcionales
Hernández y Vizán, (2013)

En el cuadro que se ilustra a continuación se puede observar la integración del sistema ERP (gestión de recursos empresariales) junto con el sistema MES (Sistema orientado a la ejecución de la fabricación). En este sentido el ERP decreta lo que se va a fabricar y el sistema MES define como se va a fabricar, este sistema arroja datos muy importantes ya que decide en base a la información del ERP los recursos que necesita hablando de mano de obra, materiales maquinaria y tiempo, prioriza las ordenes de producción reducción así los costes y tiempos de fabricación, por otra parte, esta gestión mejora la calidad, determina incidencias y en consecuencia mejora la respuesta al cliente.

De igual forma vale aclarar que de nada sirve gastar dinero en tecnología que apoye las herramientas *lean* sin antes iniciar por herramientas básicas que generen cultura y cambio de pensamiento en las organizaciones, se debe recordar que las tecnologías de la información cualquiera que fuere generan un gran porte en la optimización de tiempos y eliminación de errores, sin embargo los sistemas tecnológicos arrojan información que se suministra por medio del factor humano, en ese sentido, si la información que registran las personas o los parámetros que se especifican no son los correctos, lo natural es que el sistema de información arroje data inservible para la toma de decisiones.

1.7 Factor humano

El *lean manufacturing* es una metodología que se basa en distintas filosofías, conceptos y tiene múltiples definiciones todas ellas enfocadas en la mejora continua a través de la aplicación de herramientas que aportan grandes beneficios a la competitividad de la organización, su implementación en pequeñas, medianas y grandes empresas independientemente de la actividad a la que se dedique, necesita de recursos para llevar acabo un proyecto.

Los proyectos de *lean manufacturing* no demandan de mayores inversiones de capital, más sin embargo es necesario de un recurso clave para garantizar el éxito del proyecto, este recurso es el capital humano. *Lean manufacturing* parte de la premisa que el capital humano es el recurso más valioso para una organización

“Los recursos humanos son algo que se hallan por encima de toda medida. La capacidad de esos recursos puede extenderse ilimitadamente cuando todo individuo empieza a pensar”. Taiichi Ohno

Los principios de *lean manufacturing* basados en el factor humano demandan que la organización este conformada por grandes líderes, que sepan vencer la resistencia al cambio de una organización y que transforme el miedo de su grupo de trabajo en expectativas que promuevan el trabajo en conjunto donde prime la consecución de los objetivos para beneficio organizacional.

Para lograr un cambio cultural en la organización es importante considerar los siguientes aspectos:

- Se debe descentralizar la toma de decisiones, en la administración actual las gerencias y jefaturas son quienes toman las decisiones, el *lean manufacturing* se trata de que la administración delegue funciones y responsabilidades a los dueños de los procesos, esta manera de administrar se vuelve más esbelta, rápida y ágil.
- Debe existir una estrecha colaboración entre todos los miembros del equipo, desde la dirección hasta el operario.
- Eliminar las estructuras verticales, actualmente las estructuras organizativas tienden a ser menos verticales, puesta este tipo de estructuras robustas son consideradas un desperdicio en todo sentido. Cuando las estructuras organizacionales se aplanan se observan menos cuellos de botella, las actividades fluyen con más rapidez y la resolución de problemas se vuelve mucho más ágil, sin contar que el gasto de la organización se optimiza en gran medida.

Para que este tipo de administración *lean* se pueda dar, es importante que la organización dote de todos los recursos a sus colaboradores. Estos recursos no solo deben ser de tecnología y materiales, se debe invertir en capacitaciones, cursos, mesas redondas en donde lo trabajadores puedan adquirir más conocimientos. Así, la implementación de las herramientas *lean* sean lo suficientemente técnicas, conllevando a las inversiones en el capital humano fomenta que la cultura *lean* prevalezca en el tiempo ya que se cuenta con personal capacitado y comprometido.

Para la formación de equipos para el proyecto *lean*, se recomienda que esté presente características de equipo multidisciplinario, ya que su implementación requiere de varias habilidades y competencias, siempre cuidando que estas no recaigan en una sola persona que puede entorpecer la implementación al no enfocarse en gestionar sus responsabilidades específicas.

Tabla 20. *Madurez de herramientas lean manufacturing*

Características	Responsabilidades
<ul style="list-style-type: none"> • Existencia de un responsable con tareas de trabajo directo. • Grupo estable y bien definido. • Formados por 8-15 trabajadores. • Constituidos sobre temas o aspectos específicos. • Disponen de soporte operativo. • Utilizan la gestión visual. • Estructura jerarquizada superior bien definida. • Sistema de reuniones bien modificado. 	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo del trabajo diario (inspecciones, recuperaciones, mantenimiento de máquinas). • Innovación y mejoras. • Delegación de responsabilidad en aspectos tales como, control de calidad, distribución del trabajo, gestión de reclamaciones.

Fuente: Hernández y Vizán, (2013)

El éxito de una organización depende del líder, pues es quien plantea la estrategia y los objetivos organizacionales para luego incentivar a su equipo a alcanzar que sea una realidad por medio de la excelencia en la ejecución de las actividades. Las características de un líder, por lo general están asociadas a el entusiasmo, carisma, calidez personal, confianza, inteligencia, voluntad, competencias profesionales, psicología y sentido del humor; para ser un buen guía *lean*.

Estas cualidades deben acompañarse de apertura al cambio, ver los problemas como oportunidades, habilidad de promover el trabajo en equipo, conocer la capacidad de los recursos productivos, y confiar en que el recurso humano es el capital más valioso, por lo cual es necesario invertir en sus conocimientos, las capacitaciones de personal deben realizarse con sentido de rentabilidad.

Es decir, el hecho de querer tener personal capacitado no debe ser el motivo para caer en derroches de dinero que no retribuirán a la organización, hoy en día el área de talento humano

ya puede medir la TIR (tasa interna de retorno) de las capacitaciones, de tal manera que se pueda cuantificar en algún sentido los beneficios de tener personal capacitado.

Además, las organizaciones deben tener procesos claros de selección de personal en las que se evalué las competencias de las personas que serán parte de la organización y estas competencias deben estar cuantificadas en función a la estrategia organizacional, es importante que una organización tenga claros los procesos de selección y promociones internas para garantizar un buen clima laboral.

1.8 Indicadores claves de gestión

Luego del estudio detallado de las distintas herramientas *lean manufacturing* y su implementación es necesario saber cómo se pueden medir todas las ventajas y beneficios que se han descrito a lo largo del documento. Como todo proyecto las inversiones de recursos deben ser cuantificables para conocer que fue una buena decisión su puesta en marcha, es por ello que se dedica un punto de este estudio a describir los distintos KPI's o indicadores claves de gestión por medio de los cuales se podrá ver si se cumplieron los objetivos inicialmente planteados en la estrategia corporativa.

La correcta lectura de los resultados que arrojen los distintos indicadores servirán de *feedback* para plantear acciones correctivas que direccionen las actividades al cumplimiento de las metas. A continuación, se presenta un cuadro esquemático de las fases de un proyecto, que permitirá entender de mejor manera la secuencia en la que se debe aplicar los KPI's

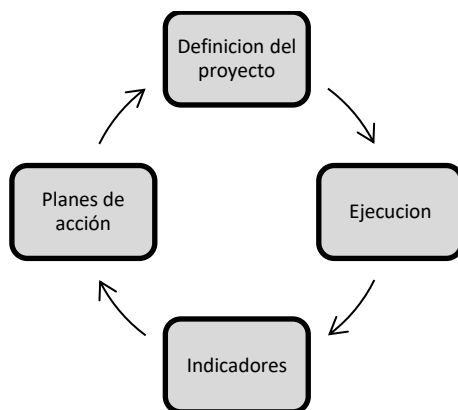


Gráfico 16. Proyecto lean
Elaboración propia, (2020)

Como se puede observar en el gráfico 18, el esquema circular para definir el ciclo de un proyecto *lean*. Este tipo de proyectos por su naturaleza inician, pero no tiene fin, es decir que cuándo se define el inicio de un proyecto *lean*, la segunda etapa es la implementación, como tercer punto la definición de indicadores, para evidenciar los resultados del proyecto y debería terminar en los planes de acción.

Sin embargo, en este caso los planes de acción dan inicio nuevamente a definir técnicas o acciones de mejora que solventen los procesos fallidos o en consecuencia a que se mejoren aún más las operaciones que arrojaron buenos resultados, por esto que los proyectos *lean* no terminan, sino más bien dan paso a la implementación de una cultura *lean* enfocada en buscar la excelencia a través de la mejora continua.

1.8.1 KPI's para monitorear la implementación *lean manufacturing*

A continuación, se detallan los indicadores más comunes, lógicamente cada organización será quien emplee los indicadores que más se acerquen a su realidad y necesidad.

- **OEE Eficiencia global de los equipos:** por medio de este indicador se puede medir el porcentaje de eficiencia en los equipos utilizados para la producción, este indicador compara el número de unidades que se hubieran producido si todos los equipos hubieran estado en buen estado, en relación con la producción real.

Fórmula:

$$OEE = I_{disp} * IEF * Ical$$

I_{disp} = Índice de disponibilidad, refiere a los minutos disponibles para producción fuera de paros, reprocesos averías etc.

Para el cálculo del índice de disponibilidad se presenta el siguiente cuadro, en el que se detalla los parámetros para su cálculo:

Tabla 21.

Cálculo índice de disponibilidad

Índice de disponibilidad		
a	Tiempo total disponible:	900 min.

b	Otros tiempos de parada: Averías, reuniones, falta de material, cambios de producto, etc.:	52 min.
c	Tiempo utilizado (a – b):	848 min.
d	Índice de Disponibilidad: [(c/a) 100]	94,2%

Fuente: Rajadell, C. M., & Sánchez, G. J. L. (2010).

Para efectos del ejemplo se considera un programa de producción de dos turnos de 8 horas cada uno (480 min) con descanso de 30 minutos por turno.

En ese sentido el tiempo disponible total que se ilustra en el literal a) es de $(480 + 480 - 60) = 900$ que resulta de sumar los dos turnos restando los tiempos de descanso.

Para la obtención del literal C) tiempo utilizado, se resta el total del tiempo disponible menos los 52 min de paradas por averías, reuniones, falta de material etc. obteniendo un resultado de 848 min utilizados realmente, el índice de disponibilidad de este ejercicio es de 94,2% que resulta de la división del tiempo realmente utilizado 848/900 del tiempo total disponible.

IEF = Índice de eficiencia, calcula el porcentaje de eficiencia de la producción y permite conocer la calidad de un proceso, conocer la efectividad de la implementación de mejora. Para el cálculo del índice de disponibilidad se presenta el siguiente cuadro, en el que se detalla los parámetros para su cálculo:

Tabla 22.

Cálculo índice de eficiencia

Índice de eficiencia		
a	N.º total de piezas producidas (buenas y malas):	7.827 piezas
b	Cadencia ideal (a máximo):	100 piezas/h
c	Tiempo utilizado (ya calculado):	848 minutos
d	Piezas máximas teóricas [b (c/60)]:	8.480 piezas
e	Índice de Eficiencia [(a/d) 100]	92,3%

Fuente: Rajadell, C. M., & Sánchez, G. J. L. (2010).

Ical= Índice de calidad, mide la calidad de la producción, resultado de dividir el número de piezas buenas para el total de piezas producidas. En el cuadro que se presenta a continuación se puede observar con claridad un ejemplo.

Tabla 23.

Cálculo índice de eficiencia

Índice de calidad		
a	N.º total de piezas defectuosas:	266 piezas
b	N.º total de piezas buenas:	7.561 piezas
c	N.º total de piezas producidas (a + b):	7.827 minutos
d	Índice de calidad [(b/c) 100]	96,6%

Fuente: Rajadell, C. M., & Sánchez, G. J. L. (2010).

Con los índices obtenidos ya se puede calcular el OEE (eficiencia global de los equipos), a continuación, se presenta un cuadro ilustrativo de la fórmula OEE.

Tabla 24.

Cálculo eficiencia global de los equipos OEE

Cálculo del OEE		
a	Índice de Disponibilidad:	94,2 %
b	Índice de Eficiencia:	92,3 %
c	Índice de Calidad:	96,6 %
	OEE [a] [b] [c]	84 %

Fuente: Rajadell, C. M., & Sánchez, G. J. L. (2010).

Otra forma de calcular el OEE se plantea de la siguiente manera:

$$OEE = \frac{\text{Tiempo efectivo real}}{\text{Tiempo total disponible}} = \frac{757 \text{ min}}{900 \text{ min}} = 84\%$$

El resultado que se obtenga del OEE se puede clasificar según criterios ya establecidos, que no permitirán tomar acciones de mejora oportunamente.

Tabla 25.

Clasificación del OEE

Valor de OEE	Nivel	Situación	Significado	Competitividad
OEE<65%	Malo	Inaceptable	Grandes pérdidas económicas	Muy Baja
65%≤OEE<75%	Regular	Aceptable si está en proceso de mejora	Grandes pérdidas económicas	Baja
75%≤OEE<85%	Bueno	Aceptable	Ligeras pérdidas económicas	Ligeramente baja o media
85%≤OEE<95%	Muy Bueno	Aceptable	Se acerca a la excelencia. Liderazgo en el mercado	Buena
OEE≥95%	Excelente	Excelente	Objetivo general de todas las empresas manufactureras	Excelente

Fuente: J. Vasquez, (2013)

- **RVA ratio de valor añadido:** con la aplicación de este indicador se puede medir si las herramientas implementadas para la identificación de actividades que añaden valor al producto tuvieron eficiencia y permite observar si las actividades de no valor añadido se lograron reducir. En ese sentido este indicador presenta la relación de la suma de actividades que añaden valor al producto entre las actividades de no valor añadido.

Fórmula:

$$RVA = \frac{\text{tiempo de valor añadido}}{\text{tiempo de no valor añadido}}$$

- **NPH Paras de línea:** Este indicador sirve para cuantificar el número de minutos de paras que se registran en la línea de producción.

Fórmula:

$$NPU = \frac{(\text{minutos de paras por operario} * \text{n}^\circ \text{ de operarios})}{\text{tiempo disponible utilizado en el turno}} (\text{min/turno})$$

Por medio de esta medición se puede determinar si las acciones tomadas para solventar este problema tuvieron o no éxito.

- **TPU Tiempo por unidad:** refiere al tiempo en minutos que toma el proceso de producción de una pieza de inicio a fin, para su cálculo solo se considera el tiempo de los operarios.

Fórmula:

$$TPU = \frac{\text{minutos de funcionamiento} * \text{n}^\circ \text{ de operarios}}{\text{piezas en buen estado}}$$

- **OTD Pedidos entregados a tiempo:** El indicador por sus siglas en ingles *on time delivery* permite ver el cumplimiento de la empresa en cuanto a los pedidos que se pactó la entrega al cliente, este indicador es netamente de eficiencia y abarca ámbitos como la productividad e imagen de la compañía frente al mercado, su buena gestión garantiza la confianza del cliente en la empresa y apoya en gran medida a la presencia de marca en el mercado.

Fórmula:

$$OTD = \frac{\text{N}^\circ \text{ de pedidos entregados a tiempo}}{\text{N}^\circ \text{ total de pedidos solicitados}} * 100$$

Es recomendable que el indicador por lo menos llegue al 95% de cumplimiento y es importante que la empresa analice y tome los correctivos necesarios para solventar las razones del porque se dan los incumplimientos. Además, es aconsejable que este indicador sea monitoreado mensualmente y siempre se debe recordar que las oportunidades de mejora solo llegan a su fin cuando se logra el 100% de satisfacción al cliente.

- **Pedidos entregados completos:** por medio de este indicador se puede determinar la eficacia de la empresa, pues mide la exactitud de la empresa en cuanto a la entrega de pedidos a tiempo y completos, su resultado es muy útil para evidenciar las fallas en el proceso de recepción de las ordenes, fallas en la producción al no realizar un pedido completo o a su vez fallas en el despacho. Se debe encontrar las razones por las que el pedido no llega al cliente en cantidad y condiciones que las solicito.

Fórmula

$$\% PEC = \frac{\text{N}^\circ \text{ de pedidos entregados completos}}{\text{N}^\circ \text{ de pedidos solicitados}}$$

- **ITO Rotación de inventario:** El índice de rotación de inventarios refleja la gestión logística de materiales (materias primas, productos en proceso, producto terminado), con el indicador se puede evidenciar fallas en el *forecast* de ventas, *forecast* de compras, faltas en la gestión de ventas y en si fallas en la cadena de suministro de una organización. Mediante este indicador se pueden tomar múltiples medidas de acción para corregir estos errores, la cuenta de inventarios es una de las que por lo general generan grandes desperdicios.

Fórmula:

$$ITO = \frac{\text{Coste de los productos vendidos}}{\text{Periodo promedio del inventario}}$$

En el periodo promedio del inventario se determina con la fórmula:

$$PPI = \frac{\text{Inventario inicial (costo)} + \text{Inventario final (Costo)}}{2}$$

Este indicador debe expresarse en términos de costo y su aplicación es recomendable realizarla en un periodo anual por modelo de producto. Generalmente a las empresas les interesa saber los días de suministro del inventario para lo cual se debe aplicar la siguiente fórmula

$$\begin{aligned} & \text{Días de suministro del inventario} \\ & = \frac{\text{Inventario promedio}}{\text{Coste de los productos vendidos}} * \text{periodo} \end{aligned}$$

En donde el periodo es el tiempo en días que se está evaluando; es decir si se está evaluando los días de suministro de un año, el periodo será igual a 360 días por el producto de (30 días * 12 meses); si se evalúa el suministro de 3 meses el periodo será 90 días resultado de (3 meses por 30 días); en este sentido se debe encontrar el periodo dependiendo los días de suministro que se deben encontrar.

- **DPU Defectos por unidad:** esta ratio de calidad es muy útil para saber los defectos que se pueden dar en un lote de producción, al igual que los otros indicadores permite relevar acciones correctivas para rectificar los errores y evitar desperdicios a lo largo de la línea de producción.

Fórmula:

$$DPU = \frac{N^{\circ} \text{ de defectos}}{N^{\circ} \text{ de unidades producidas}} * 100$$

De esta manera se obtiene el % de defectos encontrados en un lote producido.

- **IFA índice de frecuencia de accidentes:** El índice de accidentes permite ver la relación entre los accidentes en horas de trabajo que generan bajas del operario en un periodo sobre el número de horas totales trabajadas por millón.

Fórmula:

$$IFA = \frac{N^{\circ} \text{ total de accidentes}}{N^{\circ} \text{ total de horas trabajadas}} 10^6$$

N° total de horas trabajadas = (N° de trabajadores* N° de horas al día * N° días laborables).

- **IGA índice de gravedad de accidentes:** Este indicador presenta la gravedad de los accidentes dentro de la jornada laboral por cada mil horas trabajadas. Los accidentes de gravedad significan la pausa de las actividades de los operarios por periodos prolongado.

Fórmula:

$$IGA = \frac{N^{\circ} \text{ jornadas perdidas por accidentes}}{N^{\circ} \text{ total de horas trabajadas}} 10^3$$

Este indicador además permite determinar la calidad y seguridad del ambiente laboral, es de mucha importancia que las mejoras vayan enfocadas en optimizar el puesto laboral del colaborador, no solo por incrementar la productividad, más bien por crear puestos de trabajo seguros. Se debe recordar que las indemnizaciones por fatalidades laborales son cuantías de muy alto valor, sumándole la calamidad doméstica y afectaciones que le genera al operario y a su familia.

- **BTS Cumplimiento de la secuencia de fabricación:** este indicador es muy importante para evaluar las herramientas *lean manufacturing* en cuanto a la producción se refiere, pues mide la eficiencia de la producción con el plan de producción elaborado con el fin de cumplir con la demanda en tiempo y cantidad.

Fórmula:

$$BTS = Rto\ Volumen * Rto\ mix * Rto\ secuencia$$

- **Rendimiento de volumen:** indica si se cumplió el plan de producción programado y su resultado es la consecuencia de:

Fórmula:

$$Rto\ volumen = \frac{N^{\circ}\ de\ piezas\ producidas}{N^{\circ}\ de\ piezas\ planificadas}$$

Si el resultado de la aplicación da un índice mayor a uno, quiere decir que la producción real supero la planificación.

- **Rendimiento de mix:** el indicador muestra el índice que según planificación se debían producir para los modelos programados, en relación con el número de piezas fabricadas realmente. Esta fórmula se debe aplicar modelo a modelo; además es importante considerar que, si se generó sobre producción de piezas, no se debe incluir en la fórmula, ya que desviará el resultado y no se obtendrá la relación esperada.

Fórmula:

$$Rto\ volumen = \frac{N^{\circ}\ de\ piezas\ producidas\ para\ el\ mix}{N^{\circ}\ de\ piezas\ reales}$$

- **Rendimiento en secuencia:** para el cálculo de este indicador se considera las piezas que se produjeron en la secuencia de producción previstas, más no las ordenes de producción que tuvieron retrasos. Este indicador nos permite adecuar el ritmo de producción estableciendo acciones de mejora para que se sincronice con la demanda de producto que se planifico en el programa de producción.

Fórmula:

$$Rto\ secuencia = \frac{N^{\circ}\ de\ piezas\ producidas\ en\ secuencia}{N^{\circ}\ de\ piezas\ producidas\ para\ el\ mix}$$

- **Lead time Interno (DTD),** Este indicador por sus siglas en ingles *Dock to dock* es el tiempo por el que pasa un producto desde el desembarque de la materia prima en la planta productiva hasta que se entrega el producto terminado al cliente. El indicador determina la eficiencia y oportunidad de la producción, además su resultado puede ayudar en gran medida a administrar el inventario, los costos, optimización de tiempos de respuesta, incrementar la productividad, entro otros beneficios. El

indicador es clave para determinar si la implementación de los criterios y herramientas de *lean manufacturing* están siendo o no eficientes.

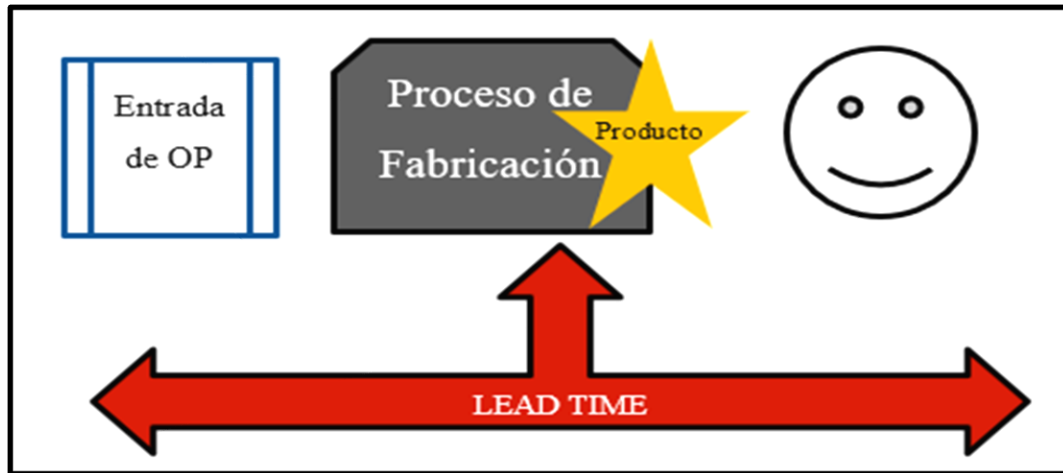


Gráfico 17. Lead time interno DTD
Elaboración propia. (2020).

Fórmula

$$DTD = Inv MP + Inv PP + Tiempo de producción + Inv PT$$

Para llegar al resultado de este indicador es importante que los inventarios de Inv. MP (inventario materia prima), Inv. PP (inventario de producto en proceso) y el Inv. PT (producto terminado) sean transformados en días de producción; para que esta transformación sea posible se debe aplicar la fórmula del *takt*.

1.8.2 Cuadro de mando integral (CMI)

Para análisis de la integración de la metodología *lean manufacturing* con el CMI (cuadro de mando integral) o también conocido por su nombre en inglés *Balanced scorecard* se ha visto la necesidad de dedicar un punto específico, de tal manera que se logre visualizar como el CMI integra todas las herramientas *lean manufacturing* con los objetivos estratégicos de la compañía.

De nada sirve un cambio si estos no conllevan a lograr las metas estratégicas planteadas por los accionistas, en este sentido se puede definir al CMI como una herramienta de gestión que facilita el establecimiento de la estrategia en todos los niveles de la estructura organizativa

por medio del establecimiento de objetivos para cada perspectiva y sus KPI's para monitorear la eficiencia y eficacia de las actividades que se desarrollan en pro de la meta estratégica. El CMI entonces es una estructura de dirección estratégica enfocada en la creación de valor y a mejora continua. En el gráfico a continuación se puede observar las 4 perspectivas principales del CMI y la integración con la estrategia corporativa.

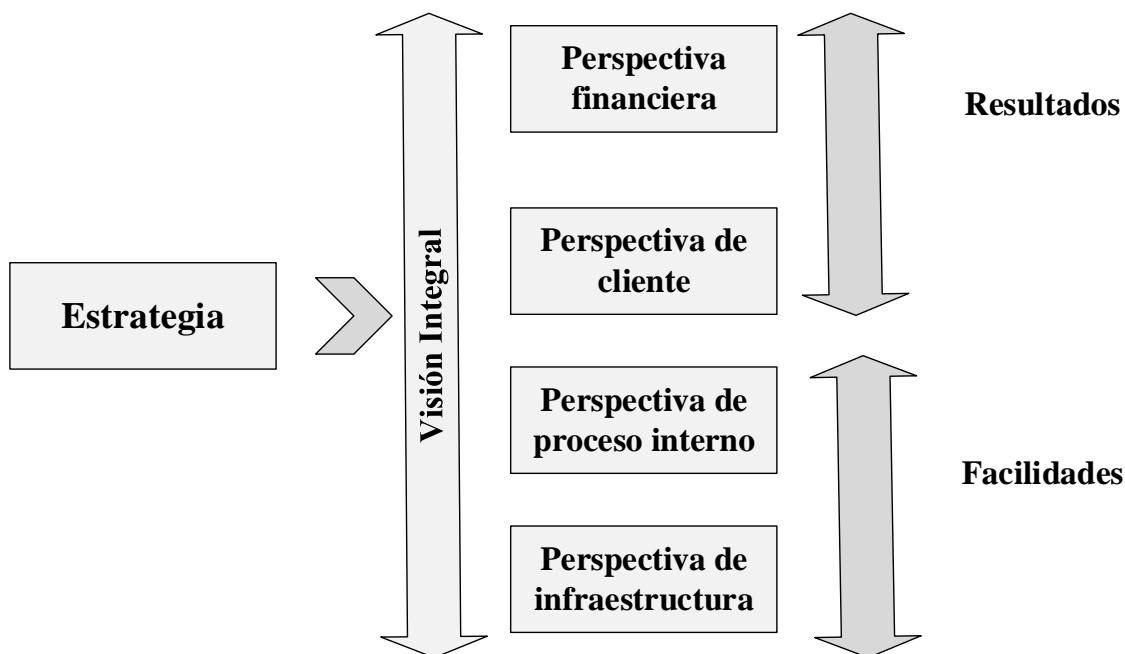


Gráfico 18. Perspectivas CMI
Elaboración propia. (2020).

El CMI es una estructura en la que se plantea la estrategia como visión integral que abarca los 4 niveles organizacionales:

1. Perspectiva de financiera,
2. perspectiva de cliente,
3. perspectiva de proceso interno,
4. perspectiva de infraestructura.

Los dos primeros niveles son herramientas facilitadoras para la consecución de resultados de los dos últimos niveles, como se puede observar en la imagen cada una de las perspectivas depende de las otras, es decir que no se puede llegar a la estrategia si la otra, son una alineación de los 4 niveles organizacionales. Esta estructura es muy fácil de comprender a simple vista sin embargo el reto de esta herramienta está en su elaboración.

Esta herramienta resulta muy útil para las organizaciones y cada vez las grandes empresas y multinacionales encuentran beneficios en su aplicación, por lo que la herramienta no es una opción más para la administración de recursos, sino más bien una práctica esencial para la competitividad de las organizaciones, sobre todo en la industria de la manufactura.

En este sentido es importante conocer cómo implementar el CMI en las organizaciones con el fin de ser más eficientes y eficaces en la administración de los recursos y la consecución de los objetivos estratégicos. Como se había analizado en el mapeo de valor de las herramientas *lean manufacturing*, lo principal es definir la estrategia empresarial, pues todos los objetivos de los niveles organizativos deben estar alineados con esta.

Para la formulación de la estrategia primero se debe hacer un análisis de los factores internos y externos, para este se puede realizar un análisis FODA.

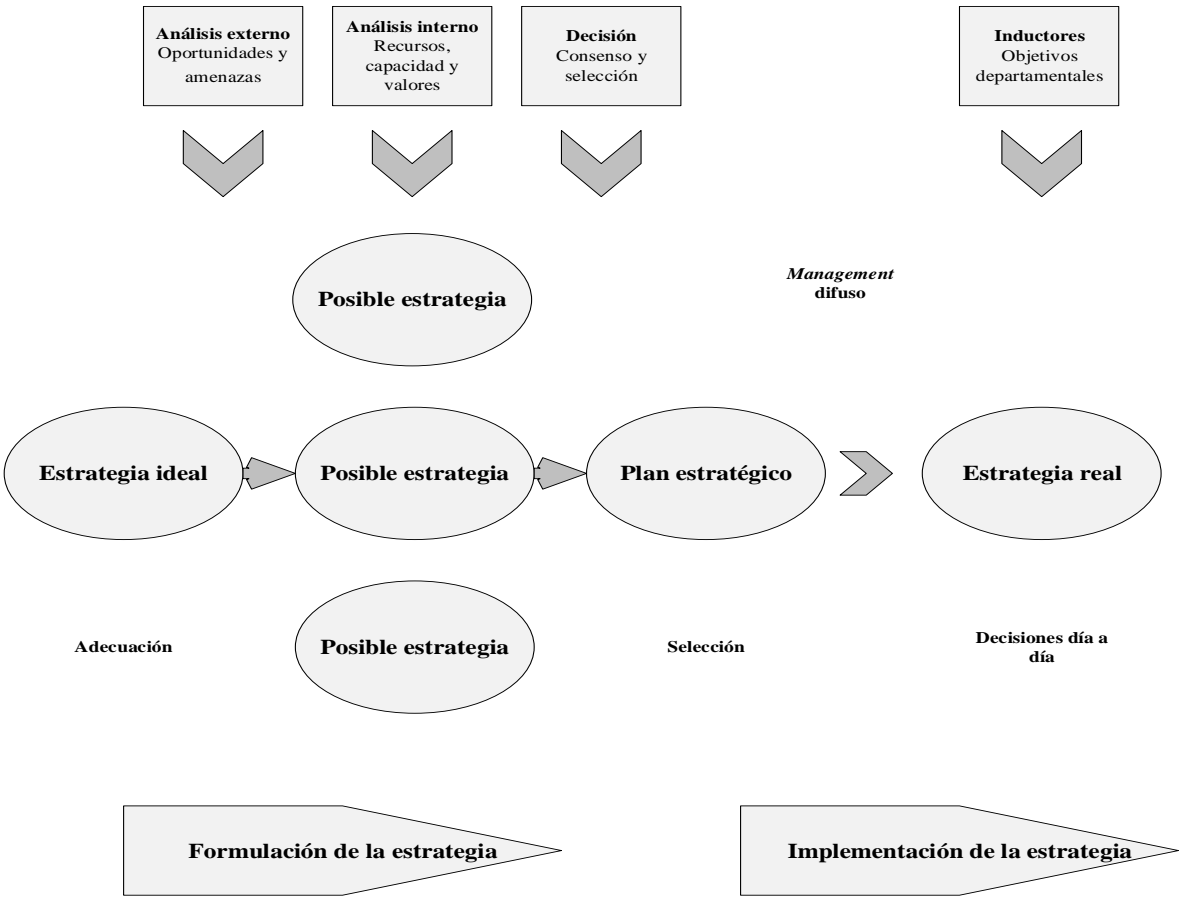


Gráfico 19. Formulación de la estrategia
Fuente: F. Amo Baraybar (2017).

El gráfico muestra la metodología correcta para la elaboración de la estrategia corporativa, una vez se haya logrado su definición se debe plasmar la misión, visión de la compañía y los objetivos e indicadores de cada perspectiva.

La estrategia debe desplegarse en forma de paraguas, iniciando con el despliegue de la perspectiva financiera, también llamada perspectiva de valor la cual plantea los objetivos enfocados en la satisfacción de las metas de los directivos y accionistas, esta es la base para plantear los objetivos en la perspectiva del cliente.

En esta perspectiva es esencial trabajar en una propuesta de valor atractiva para el mercado de tal manera que se genere la satisfacción total de los clientes, pero esto solo se lograría con la mejora en los procesos internos, los cuales deben estar enfocados en mejorar la competitividad de la empresa por medio de la optimización, innovación y aprendizaje.

En esta perspectiva es muy importante colocar los proyectos *lean manufacturing* que se implementaras con el fin de lograr los objetivos planteados, sin inversión en proyectos de mejora es imposible llegar al cumplimiento de las metas planteadas en la perspectiva del cliente y mucho menos en la perspectiva financiera.

Por último, tenemos la perspectiva de infraestructura, que, si bien sus objetivos se despliegan al final del CMI, es la perspectiva más importante, pues en esta se soportan todos los demás objetivos que guían a una organización al cumplimiento de la estrategia. Es decir que por motivos de alinear los objetivos en base a la estrategia esta perspectiva se trabaja al final, sin embargo, para poner en práctica el CMI es indispensable que se empiece a trabajar y fortalecer la perspectiva de infraestructura.

Es muy importante porque está compuesta por los recursos con los que cuenta la organización para el cumplimiento de la meta estratégica. En esta perspectiva encontramos la capacidad instalada, tecnología y el recurso humano, este último es el que cobra importancia en la filosofía *lean*, pues el factor humano es el motor generador y ejecutor del cambio.

1.8.2.1 KPI's del Cuadro de mando integral (CMI)

Lo que no se puede medir no se puede mejorar, bajo este concepto es importante plantear los indicadores que ayudaran a la consecución de la estrategia. Es recomendable plantear de dos

a tres indicadores por objetivo, un número limitado de estos ayudarán a visualizar lo que realmente le interesa a la administración, sin embargo, se pueden manejar más indicadores internamente. A continuación, se mostrará un listado de indicadores que se pueden aplicar según la estrategia de cada organización.

Indicadores financieros

- ROE, rentabilidad sobre recursos propios.
- ROI, Rentabilidad sobre la inversión.
- ROA, rentabilidad sobre activos.
- Beneficio por empleado.
- Apalancamiento.
- Índice de liquidez.
- Rotación del inventario.
- *Cash flow*.
- Capital circulante.
- Beneficio neto.

Indicadores de clientes

- Fidelización de clientes.
- Productos nuevos.
- Satisfacción del cliente.
- Beneficio por cliente.
- Ranking en el mercado.

Indicadores de procesos: varios de los indicadores de procesos serían los que se analizaron en la implementación *lean manufacturing*, sin embargo, se pueden plantear el número de indicadores que se crean convenientes.

- Porcentaje de rechazos.
- Productos certificados.
- Coste de transporte.
- Coste por productos.

- Tiempos muertos.
- Producción neta.
- Sistema certificado.
- Cumplimientos de auditoria.

Indicadores de desarrollo y satisfacción del talento humano

- Satisfacción de empleados.
- Edad del personal.
- Valoración de las mejoras.
- Índice de comunicación.
- Mandos por empleado.
- Horas extraordinarias.

Capítulo 3. Aporte de *lean manufacturing* en la industria

2.1 Productividad

En este capítulo se analizará uno de los términos más utilizados en la actualidad por las empresas que están en constante búsqueda de una mejor productividad y no solo en la parte de manufactura. Las empresas buscan ser productivas en todos los procesos; este término a tomado mucha fuerza y ha sido objeto de estudio con el fin de crear valor para clientes y accionistas por medio de la eficiencia total de las operaciones. Pero resulta difícil para las organizaciones ser más productivos en sus procesos y esto se debe a la falta de entendimiento de la cadena de valor, reconocer cuales actividades agregan valor y cuáles no.

En este contexto, se entiende como productividad a la relación entre el resultado obtenido con los recursos que posee la empresa, es decir, lograr producir más con menos y solo se logra conociendo los procesos controlándolos y estableciendo acciones de mejora. Toda organización cuenta con diferentes recursos que se agrupan en el conocido contexto de las 5M (materiales, mano de obra, máquinas, medio ambiente y métodos), todos estos elementos demandan inversiones para la compañía y cuando una empresa entra en recesión lo primero que suele hacer la administración es bajar la calidad de los materiales para así reducir costos y eliminar mano de obra creyendo que estas reducciones serán la solución de los problemas de liquidez de la empresa y la realidad no lo es, el inconveniente se soluciona a corto plazo pero seguirá estando presente.

Lo que plantea la metodología *lean manufacturing*, es un análisis exhaustivo de los procesos o métodos internos de la organización, pues estos son la clave para determinar si hay excesos de personal, actividades que no agregan valor y se deban eliminar, la efectividad de la maquinas que tenemos disponibles, si los inventarios son los adecuados, si la producción está en sincronía con la demanda, si el personal está o no capacitado, etc. Todos los elementos y herramientas de *lean manufacturing* están directamente relacionados con la mejora de la productividad, en este sentido para determinar la productividad de la empresa se debe evaluar los costos de las 5M's en relación con las entradas que producen cada uno de ellos.

$$\text{Productividad} = \text{Salidas} / \text{Entradas}$$

La productividad es la relación entre la salida de recursos y las entradas de recursos.

Con el fin de aclarar cómo se debe calcular la productividad se detalla un ejemplo.

Si se supone que una empresa trabaja a lo largo de un periodo para producir 75,000 piezas de un artículo “X” y los costos en los que se incurre por cada una las 5M son: Maquinaria 5,000; Mano de obra 15,000, Métodos 500, Materia prima y materiales 35,000.

$$\text{Productividad} = \text{Productividad} = \frac{75000 \text{ unidades}}{55,500 \text{ USD}} = 1,35 \text{ unidades por dolar}$$

Si la empresa logra producir más con la misma cantidad de recursos invertidos, entonces la productividad aumentara, o si logra producir lo mismo reduciendo los costos invertidos también incrementara la productividad, lo importante de este ejercicio es que permite ver en donde se generan costos excesivos o porque no se logra producir lo que se esperaba con la capacidad instalada de la empresa.

Para medir el progreso de la productividad, se emplea el índice de productividad que se plantea con la siguiente ecuación:

$$IP = \frac{100 * (\text{Productividad observada})}{\text{Estándar de productividad}}$$

En donde la productividad observada será la captura de producción y recursos en un tiempo determinado, que generalmente en las empresas de producción se mide por lotes o mensualmente y la productividad estándar viene a ser la medida de referencia a la que se pretende llegar.

Los limitantes de la productividad por lo general son los mismo en todas las organizaciones unos en mayor o menor medida, pero siempre suelen estar asociados con el desperdicio, la sobrecarga de trabajo, la sobre producción, variabilidad, estos tres elementos requieren de mucha atención por parte de la administración, pues en estos radica la razón del porque algunas empresas logran ser productivas y otras no. Además, es importante que la implementación de acciones de mejora vaya acompañada de un liderazgo fuerte y amigable que transmita una cultura de optimismo en la organización, de lo contrario todos los esfuerzos se verán perdidos con el paso del tiempo.

(Mauricio León, 2009) Toda empresa basa sus actividades en función de los ingresos esperados, de esta manera tiene una profunda minucia en analizar sus ventas mensuales, diarias, la rentabilidad de las mismas etc. Sin embargo, las empresas de nuestro medio no sienten la misma necesidad por controlar sus niveles de producción. Realizar un análisis de correlación entre los niveles de ingresos y los de productividad para monitorear de manera efectiva el desempeño de la empresa.

Para mejorar la productividad bajo la gestión total de la productividad (GTP) se debe realizar sistemáticamente dos acciones:

1. Identificar los procesos deficientes y buscar métodos y herramientas que ayuden a mejorar, tener el pensamiento de mejora implantado en la organización, conocimiento total de las herramientas *lean manufacturing* para elegir la más adecuada.
2. Poner en práctica el plan de acción elaborado después de identificar los errores en los procesos.

Principios de la gestión total de la productividad:

- Calidad y perfección.
- Orientación hacia el cliente: escuchar y satisfacer las necesidades del cliente
- Valor de los empleados: reconocer el trabajo, proporcionar seguridad y estabilidad.
- Curva de aprendizaje
- Diseño de producto: estandarizar y simplificar sus componentes
- Benchmarking: tratar de copiar lo mejor de la competencia y superarla.
- Investigación y desarrollo
- Portafolio de productos
- Confidencialidad de la información: proyectos y portafolio nuevo
- Beneficio: toda acción que tome la empresa debe traer consigo beneficio.
- Constancia: no parar hasta lograr la productividad total.

2.2 Empresas pioneras en implementación

Si bien la metodología nació con la industria automovilística, no se detuvo ahí los estudios demostraron que estas herramientas podían sacarse provecho en toda empresa dedicada a la fabricación o ensamble de producto. Por ello grandes empresas tomaron la decisión de invertir en la mejora de su producción para ser más competitivas en el mundo actual y se ha realizado una recopilación de 10 empresas que han implementado *lean manufacturing* dentro de sus operaciones y que hoy en día generan grandes resultados, a continuación, se detallan las mismas:

2.2.1 Kimberly-Clark

La empresa Kimberly-Clark fue fundada en el año 1872, por los emprendedores John Kimberly, Havilah Babcock, Charles Clark y Frank Shattuck en Neenah, Wisconsin (Estados Unidos) como fabricante de papel. Con el pasar de los años, en 1914 la compañía desarrolla un producto de algodón de pulpa; usado principalmente por el ejército norteamericano como material de vendado en la primera guerra mundial. Posterior creó una nueva gama de producto como Kotex toallas sanitarias para mujeres en 1920 y productos Kleenex en 1924. (Kimberly-Clark, 2020)

En 1950, debido a su gran auge la empresa se expande creando nuevas plantas en México, Alemania y Reino Unido; para el año 1960 ya habían creado 17 filiales en el extranjero. Luego en la década de los 70 Kimberly-Clark comienza la producción de pañales desechables, su crecimiento le permitió adquirir nuevas marcas como: VP Schickedanz, Camelia, Scott Paper, lo que le ha permitido ser una de las empresas más reconocidas a nivel mundial. (Kimberly-Clark, 2020)

En este sentido, como una empresa líder y buscar siempre innovar ha implementado el *lean manufacturing* logrando eliminar 1.4 millones de horas de desperdicio y a su vez generar un valor de \$ 2.2 mil millones en las diferentes instalaciones que tienen. Para lograrlo la empresa ha identificado 7 desechos que comprometen la seguridad, productividad, calidad y costo en la empresa.

- Transporte

La empresa siempre busca optimizar el movimiento de material innecesario, producto o información. Buscando la mejor manera de trasladar de un lugar a otro los suministros.

- Inventario

Una de sus estrategias es no atar el capital sin generar ingresos. De esta manera evitan cantidades excesivas de suministros industriales.

- Movimiento

Buscan siempre el movimiento de personas y maquinas con un valor agregado, al momento de alejarse del área de trabajo para buscar los diferentes suministros.

- Tiempo

Buscan reducir al mínimo el tiempo de inactividad cuando estos no generan un valor agregado. Para ello, han implementado como estrategia detener la actividad operacional mientras los trabajadores buscan suministros.

- Sobre producción

Su estrategia se basa en producir productos con suministros de buena calidad, de tal manera que no existan productos defectuosos que conlleven a una sobreproducción.

- Procesos

Buscan eliminar procesos, tareas y operaciones que son innecesarias o excesivas que no generaran un valor agregado. Además de buscar eliminar el consumo de suministros de baja calidad, que generan ineficiencias al momento de trabajar.

- Defectos

Buscan solucionar problemas de re trabajo, defectos, o inspección. Generalmente defectos generados por suministros de baja calidad.

Los equipos de mejora continua generalmente se centran en los grandes problemas que cuestan mucho dinero, recursos y tiempo para resolver. Pero las ganancias rápidas están ahí, esperando que las encuentre con cambios simples y fáciles en la forma en que administra los

suministros industriales. Dado que estos productos tocan a todos en sus instalaciones todos los días, resolver problemas básicos de suministro puede tener un impacto sorprendentemente grande. (Techni-Tool, 2015)

2.2.2 Nike

Nike, Inc. es una compañía multinacional estadounidense que se dedica al diseño, desarrollo, producción, mercantilización y venta a nivel mundial de calzado, prendas de vestir, equipos, accesorios y servicios. La empresa tiene su sede en Beaverton, Oregon, en el área metropolitana de Portland. Es uno de los proveedores más grandes del mundo de calzado deportivo y ropa y un importante fabricante de equipo deportivo. (Becerra, 2019, p. 2)

Es por ello, que el método de trabajo de Nike está basado en “*Make to Stock*”, fundamentado en que la producción se enfoca en la demanda histórica de la empresa. De esta manera, los fabricantes no producirán nada a menos de que cuenten con la información necesaria que lo avale. Para que Nike implemente este método *lean*, se necesitó por parte de todos sus integrantes un compromiso y progreso que debió ser incluido en su índice de sustentabilidad en función a la sostenibilidad de su costo y calidad.

“Trabajaron con la cadena de suministro para manifestar el valor de *lean* como motor de un rendimiento empresarial sostenido y mejorado donde los trabajadores están comprometidos y capacitados para impulsar el éxito empresarial a través de la mejora continua” Becerra, 2019, p. 2). Así entre los parámetros que usa la empresa Nike para evaluar sus fábricas son productividad, gestión de los recursos humanos, rotación de personal, el ausentismo e implementación, estudios a los involucrados de compromiso y bienestar de las diferentes personas que laboran.

Según Biazzo y Panizzolo, una perspectiva de trabajo apoyada por principios *lean* depende en gran medida de flexibilidad y participación de las personas. Por lo tanto, la administración del cambio en un sistema de producción *lean* debe centrarse sobre factores tales como el efecto de los cambios en las personas, los impactos de los liderazgos positivos y la efectividad de canales de comunicación. (Becerra, 2019, p. 3)

En base a esta filosofía, Nike implemento este mensaje en un plan de siete fases, en que recalcan la importancia del coaching, participación del personal que labora, comunicación, incentivos para motivar al personal, reconocimiento laboral y promoción del trabajo en equipo.

Tabla 26. *Fases de formulación para el lineamiento Lean Manufacturing by Nike*

Phases	Input	Output
<i>Phase 0: adoption of lean paradigm</i>	<i>Decision to look for a transformation in the company</i>	<i>Decision to change organization philosophy into the lean paradigm</i>
<i>Phase 1: prepare implementation</i>	<i>Leadership commitment to lean transformation</i>	<i>A strategic plan to lean implementation that guides leadership and organizational support, human and cultural issues, targets and training</i>
<i>Phase 2 : define value</i>	<i>Strategy defined at Phase 1, which establishes where to start the lean implementation</i>	<i>Product, customer and value definition in order to distinguish between value added and non-value added activities</i>
<i>Phase 3: identify flow of value</i>	<i>Value definition according to lean perspective</i>	<i>Value Stream Map that shows, production process and information flow, identifying the amount of value added and waste activities</i>
<i>Phase 4: design production system</i>	<i>Current value stream</i>	<i>Production system design ready to start implementation</i>
<i>Phase 5: implement flow</i>	<i>LPS design and its implementation pla</i>	<i>Implemented LPS projects that improve flow through waste elimination</i>
<i>Phase 6: implement pull system</i>	<i>A production system with an implemented operation flow</i>	<i>A production system that delivers to costumers with appropriate mix and quantity</i>
<i>Phase 7: look for perfection</i>	<i>Leadership commitment to lean transformation</i>	<i>Improvement on lean transformation at each Phase</i>

Fuente: (Becerra, 2019)

De esta forma la empresa Nike paso a un tipo de capacitación integrado, que busca solucionar una amplitud de problemas que se generan en la empresa que generalmente son: producción esbelta, mejora de la gestión de talento humano, seguridad ocupacional, gestión del medio ambiente, eficiencia energética, sostenibilidad ambiental y libertad de asociación.

Lo que Nike cree del *lean manufacturing* es acerca de un sistema comercial y una filosofía de mejora continua que apunta a entregar el producto de la más alta calidad al mismo tiempo que elimina el desperdicio, incluido el tiempo perdido y el material. Por esa razón se enfocaron en dos objetivos generales: Haz que hoy sea mejor (Calidad) y Diseñar el futuro (Confiabilidad). (Becerra, 2019, p. 4)

2.2.3 Caterpillar

En la época de 1859 generalmente los agricultores tenían que llevar los granos a una estación para su debida limpieza, antes de que sea vendido su producto al mercado. En aquel entonces un inventor Daniel Best laboraba para la industria mucho tiempo y quería solucionar el problema de la limpieza de los productos de una manera más eficiente, para ello, construyo una máquina que pudiera limpiar el grano.

En 1908, Holt inició una pelea legal con su rival Best Western, la cual era dirigida por Daniel Best, ganando Holt la demanda y obteniendo la marca. La nueva compañía era más fuerte y logro también adquirir algunas patentes de las máquinas de la *Lombard Log Hauler*. (Caterpillar , 2020)

Luego en 1928, con el crecimiento de la compañía se vio en la necesidad de investigar e implementar lo beneficios de equipar una fabricación Caterpillar de 60 chasis con motor a diésel. Siendo óptimas las ventajas el modelo, se implementó en 1950 y logro experimentar las maquinas con motores de cámara de pre combustión, que dieron pie a la Cat D9900, con la cual cambio la industria. (Caterpillar , 2020)

En lo que respecta al *lean manufacturing* de la empresa Caterpillar, se fundamenta en la mejora continua especialmente incluyendo la herramienta de *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), basado en un sistema de calidad dirigido a los clientes. Caterpillar fabrica grandes máquinas y contaban con equipo de limitada producción, que conllevaba a la subcontratación de trabajo. “Con la mentalidad de creatividad antes que el capital, el equipo de la instalación buscó medios para eliminar la restricción sin gastar grandes cantidades de dinero” (Jusko, 2011).

La creatividad de las orugas condujo a la introducción de OEE, una medida que indica a los usuarios el porcentaje de tiempo que el equipo, cuando se ejecuta o se requiere para la producción, produce productos de buena calidad a un ritmo aceptable. Se calcula multiplicando la tasa de disponibilidad (utilización) por la tasa de producción (eficiencia) por el rendimiento de primer paso (calidad). (Jusko, 2011).

De esta forma la empresa uso la información obtenida por las métricas de OOE, para implementar cambios que determinan las diferentes restricciones. Como resultado de esto, los índices de producción mejoraron. “Dentro de la instalación, cuatro métricas clave impulsan la acción: personas (frecuencia de lesiones registrables), calidad (defectos por unidad), velocidad (fecha de envío comprometida) y costo (productividad)” (Jusko, 2011, p. 1).

Estas cuatro métricas a Caterpillar las rastrean lo que se denomina junta de la instalación, que se va actualizando cada mes y es revisado por un grupo especialista de la temática, además de mostrar las planificaciones. Si bien las revisiones se las realizan mensualmente de manera formal, la empresa las realiza de manera diaria. Así la empresa ha establecido que gracias a la implementación del *lean manufacturing* en sus operaciones cuenta con una sólida cartera de pedidos y se ha intensificado para mejorar la calidad de sus productos y fabricación y satisfacer la demanda.

2.2.4 Intel

Intel es una de las empresas más grandes del mundo en la producción de chips de microprocesador se refieren, que son usados en una variedad de productos como son computadoras, dispositivos móviles y sistemas integrados. Fue la primera compañía del mundo creada para la fabricación de microprocesadores por Gordon E. Moore y Robert Noyce en el año de 1968, la empresa inicialmente se dedicaba a la producción de memorias, pero en los años 70 dio el gran paso a la fabricación de los chips, donde hasta la actualidad ha dominado el mercado mundial en este tipo de productos.

En este contexto, aunque la empresa Intel dominaba el mercado, presentaba problemas en los procesos; limitando una mayor rentabilidad y productividad. Para ello, Intel implemento el *lean manufacturing* en su empresa, específicamente el *lean six sigma*, buscando reducir la variabilidad de los procesos. De esta forma, implemento el *lean six sigma* (LSS) como se presenta a continuación en la siguiente tabla:

Tabla 27. Manual de capacitación lean six sigma

<i>Lean Six Sigma</i>	<i>Principle One: Directly observe work as activators, connections and Flow</i>	<i>Principle Two: Systematic waste elimination</i>	<i>Principle Three: Establish High Agreement</i>	<i>Principle Four: Systematic problem solving</i>	<i>Principle Five: Create a learning organization</i>
<i>Define (D)</i>	<i>Process flow</i>	<i>SIPOC, VOC</i>	<i>Project charter, VOC, Pareto</i>	<i>Multi-level Pareto</i>	<i>Business process management</i>
<i>Measure (M)</i>	<i>Process map operational definitions</i>	<i>Process map, 5 ways, value added assessment</i>	<i>Cause and effect</i>	<i>MSA, process capability</i>	<i>Tollgates, project, reviews, forums</i>
<i>Analyze (I)</i>	<i>Data integrity, multivariation</i>	<i>Hypothesis testing</i>	<i>Cause and effect/stability</i>	<i>FMEA, regression</i>	
<i>Improve (I)</i>	<i>Updated process map</i>	<i>Solution selection</i>	<i>Solution selection</i>	<i>DOE, TRIZ/ASIT</i>	<i>Learn, apply, reflect</i>
<i>Control (C)</i>	<i>Pilot solution</i>	<i>Control chart action plan</i>	<i>Control plan</i>	<i>Solution sustain</i>	

Fuente: Dimitrova, Selvy, Ishiko, & Sun, (2014)

Define

En ese punto se conformó un equipo, que tenía la finalidad de buscar una reducción de 50% en los tiempos de espera inactivos y la reducción de la variabilidad del proceso, mediante: actividades estructuradas y estandarizadas, transferencias por medio de conexiones óptimas, un flujo de proceso más simple y específico, por último, pequeñas y rápidas mejoras.

Measure & Analyze

En estos puntos se centraron en medir los tiempos del mapa de procesos para reducir el tiempo de inactividad y la variación de los procesos. La cuantificación de los diferentes procesos mediante datos estadísticos, luego se clasificaron los procesos que presentan un valor agregado y sin valor agregado mediante una puntuación.

Improve

Se utilizó puntajes para priorizar las acciones de mejora. El elemento clave en este ejercicio fue obtener el tiempo de espera versus el tiempo requerido para el cambio, basado en el mapa del proceso creado al recorrer el proceso. Las acciones correctivas estaban destinadas a simplificar el flujo del proceso, reducir el tiempo de inactividad y el desperdicio y controlar mejor la variabilidad de salida. (Dimitrova et al, 2014)

El enfoque LSS resultó en una mejora de la eficiencia que excedió el objetivo, es decir Reducción del 60 por ciento en tiempo de inactividad y desperdicio frente a un objetivo de reducción del 40 por ciento junto con la reducción de la variación del proceso de negocio. Los resultados también mostraron un aumento en la satisfacción de las partes interesadas sin comprometer el rigor técnico del control de configuración de fabricación. (Dimitrova, et al, 2014, p. 457)

2.2.5 Illinois Tool Works

Es una empresa que pertenece al sector industrial con productos diversificados, que presenta más de 200 productos con valor agregado y equipos especializados con negocios de servicios relacionados. Es una compañía que presta sus servicios de manera local como internacional, tanto en mercados desarrollados como emergentes, lo que significa que más de la mitad de sus ingresos son generados fuera de los Estados Unidos. ITW, está compuesta por más de 800 empresas descentralizadas alrededor del mundo. (Illinois Tool Works, 2020)

La empresa era responsable de realizar sus propias hojas de datos de seguridad, lo que conlleva a que otras empresas siguieran sus estrategias, resultando inapropiado dado que se comenzaron a presentar inconsistencia e inexactitudes que a menudo afectaban a toda la empresa. Para minimizar el riesgo de tales incidentes la empresa desarrollo un programa de *lean manufacturing* a nivel corporativo, facilitando el acceso a un software de creación interno rentable.

El objetivo del programa es garantizar que las unidades de negocios de ITW empleen las mejores prácticas al desarrollar documentación de comunicación de riesgos como SDS y etiquetas, al tiempo que promueve el cumplimiento con la mirada de regulaciones que afectan a los negocios de ITW en todo el mundo. (Illinois Tool Works, 2020)

Pero dada la exigencia global, su dinámica en los negocios se vio en la necesidad de asociarse con *Verisk 3E*. El sistema *3E Generate* proporciona a ITW una plataforma de autoría intuitiva y flexible que utiliza algoritmos expertos, contenido regulatorio integrado y lógica de reglas incorporada para proporcionar clasificaciones de peligro y generar automáticamente SDS,

etiquetas y otros documentos en los formatos específicos e idiomas regionales y nacionales. (Illinois Tool Works, 2020)

Dicha estructura es un modelo de servicios compartidos para alcanzar mejores economías y reducir el esfuerzo y costo relacionados con la entidad de soluciones independientes en cada negocio individual de Illinois Tool Works. De esta forma, la solución configura un programa 'opt-in', que permite el ingreso a instancias específicas de la empresa y sus servidores están alojados en *Verisk 3E*, lo que a su vez da acceso a la compañía a crear sus propios mecanismos, mediante un proceso atomizado basado en reglas.

Las empresas de ITW que utilizan el software simplemente lo hacen en función de la empresa y el usuario. Los datos de cada empresa de ITW se segregan de los datos de otras empresas de ITW para aislar la información de propiedad, los archivos de documentos y la configuración del usuario. *Verisk 3E* aplica actualizaciones trimestrales para el contenido regulatorio integrado y administra las actualizaciones y el mantenimiento del sistema. (Illinois Tool Works, 2020)

2.2.6 Textron

Es una de las empresas enfocadas a multi sectores más reconocidas a nivel mundial, ya que posee una serie de marcas reconocidas como: Bell Helicopter, Cessna, Greenlee, EZ-Go, Defense Systems, y motores Lycoming. Fundada en 1923. Textron se ha convertido en una red de negocios globales, cuenta aproximadamente con 37.000 empleados en más de 29 países y con una cartera de clientes diversificada.

En 2002, como parte de su visión de mejorar el rendimiento comercial y convertirse en la principal empresa multisectorial, la empresa lanzó *Textron Six Sigma (TSS)*. Desde ese momento, TSS ha capacitado a miles de *Black Belts* y miles más de *Green Belts*, ha cerrado una gran cantidad de proyectos de *Green Belt* y *Black Belt*, y ha obtenido enormes beneficios financieros. Todo el equipo de liderazgo senior de Textron está certificado por *Green Belt*, al igual que el liderazgo global extendido. En resumen, Textron está totalmente comprometido con *Six Sigma* en todos los niveles. (Quality Digest, 2009)

En este sentido, buscando mejorar la productividad y los procesos Textron se enfocó en implementar el *lean six sigma*. Una vez implementado la empresa busco transferir más propiedad a este método de manera individual, de tal forma de mantener el liderazgo en el mercado frente a sus competidores.

Sin embargo, cinco años después de su *Lean Six Sigma*, Textron hizo un gran esfuerzo para reunir los comentarios de los clientes internos afectados por la implementación. De las entrevistas, Textron se dio cuenta de que los métodos de implementación son diferentes a los métodos de madurez. En otras palabras, las cosas que hace una organización para desplegar una iniciativa no deberían continuar después de que realmente haya implementado el método y lo haya establecido como la forma de hacer las cosas. (Kelley, 2010, p. 1)

En el 2002, la empresa toma un nuevo enfoque donde deja de usar sus métodos antiguos de mejora continua e implementan uno nuevo denominado *lean six sigma*, dicho cambio fue integral incluyendo, requisitos de certificación, descripciones del trabajo y una base de datos centralizada, que permitió estandarizar todas las unidades de negocios. Las mejoras continuas comenzaron a presentarse, provocando que en muchas unidades nuevos negocios se comiencen a ver resultados positivos.

La satisfacción del cliente interno pasó de un promedio de 4.5 (neutral) en 2006 a 5 (ligeramente satisfecho) a fines de 2007 y 5.8 (satisfecho) a fines de 2008. A pesar de los despidos y licencias en algunas de las unidades de negocios debido Ante el cambio del clima económico, durante 2009 —después de la descentralización— TSS mantuvo un promedio de 5.8 en una escala de 7 puntos (7 está extremadamente satisfecho). (Kelley, 2010, p. 1)

Textron a partir del año que implemento el *lean manufacturing*, específicamente el *six sigma lean*, ha logrado procesar y reducir la complejidad de las diferentes operaciones, lo que le ha llevada a tener mayor rentabilidad y éxito en los negocios. Textron actualmente busca estrategias para ir más allá de la *six sigma*, buscan un enfoque de mejora continua más amplia y al mismo tiempo mejorar la capacitación para incluir la simplificación.

2.2.7 Parker Hannifin

Es una compañía a nivel mundial fundada en 1917, esta empresa es “líder mundial de tecnologías y sistemas de control y movimiento, brindando soluciones de ingeniería de precisión para una amplia variedad de mercados móviles, industriales y aeroespaciales” (Parker Hannifin Corporation , 2020). Le empresa realiza negocios en 50 países alrededor del mundo, la credibilidad y rentabilidad de la empresa es incuestionable, tanto que durante 62 años ha pagado los dividendos a sus accionistas, siendo la de mayor duración en el índice S&P.

La experiencia ganada en la rama de la ingeniería de la empresa es amplia, y cada vez expande su portafolio de productos relacionado a las tecnologías que ubican a la empresa de manera única, especialmente para resolver los desafíos que cada vez son más exigentes. La empresa ha implementado el *lean manufacturing* para mejorar su productividad y buscar nuevos mecanismos y estrategias para resolver los desafíos que se presenta en la actualidad.

Para ello, buscan apoyar a la división en su transformación *Lean* a través de la implementación del *Sistema Lean de Parker (PLS)*. Ofrece capacitación práctica a los asociados en la metodología y herramientas de PLS para eliminar el desperdicio en todas las funciones administrativas, de fabricación y de soporte. Mide e informa el progreso de forma continua utilizando el Win Scorecard y *PLS Lean Journey Assessment*. Forma y desarrolla asociados en la metodología y herramientas PLS para eliminar el desperdicio en todas las funciones administrativas, de fabricación y de soporte. (Parker Hannifin Corporation , 2020, p. 2)

Siempre está pendiente de guiar todas las iniciativas de PLS dentro de la división, pendiente del personal de la división y de la administración a nivel de la planta en *lean implementation* y utilizando *Parker Lean Systems* como la herramienta principal. De esta manera se asegura una sólida estrategia de *lean future state* para ser implementada en toda la división (Parker Hannifin Corporation , 2020).

Para ello, los encargados *lean* garantizarán el cumplimiento de los estándares de PLS en la división de la empresa, el flujo de valor y las juntas de mejora del equipo, permitiendo una cultura PDCA y la progresión del *lean journey*. En las divisiones de sitios múltiples se apoya

a los jefes *lean* de la planta mediante equipos especiales y requeridos, proporcionando un alto nivel de recomendaciones técnicas y operacionales para cumplir los objetivos de productividad control de materiales, calidad del producto y servicio al cliente. (Parker Hannifin Corporation , 2020).

Además, oportunos informes al administrador general de la división garantizan siempre una implementación y una adecuada educación *lean Parker* en todas las áreas operacionales a nivel de la planta e instalación y establecer la coherencia y la sostenibilidad, proporcionando liderazgo y dirección al personal de la división.

2.2.8 John Deer

Un fabricante estadounidense fundó John Deer & Company, que actualmente es una de las empresas de equipo de construcción, maquinaria agrícola, vehículo especiales y motores a diésel más importantes del mundo. La empresa nace en el año 1804 en Rutland, Vermont, John Deer fue el inventor del primer arado de acero autolimpiable, generando un éxito de ventas.

En este contexto, por ser una de las empresas más grande del mundo y buscando innovar cada día, investigaron implementar el *lean manufacturing* en su empresa para comprender cuál es el sistema ideal para la producción. Para ello, se basaron en tres estrategias *lean* para mejorar sus procesos que son: *Kanban*, *Constant work in process (CONWIP)* y *Hybrid System*.

Kanban

El uso de la técnica *Kanban* requeriría el desarrollo de *Kanbans* en proceso (IPK) entre cada una de las celdas del departamento. El tamaño de estos IPK estaría determinado por los tiempos de ciclo de las máquinas y por las variaciones de tiempo de inactividad esperadas o permitidas. (Ford & Usrey, 2000)

Conwip

Al igual que con *Kanban*, *CONWIP* sería relativamente económico de implementar y sería fácil de implementar en la operación. Los IPK no sería dimensionado ya que la cantidad

de WIP en cada celda no es importante, sino que se controla toda la cantidad de WIP. La reducción de WIP se puede lograr a nivel de departamento con bastante facilidad, pero no se controla en las celdas.

Hybrid System

Aunque, el *kanban* y *Conwip* daban buenos resultados no era los esperados por parte de la compañía, por ello, buscaron la manera de combinar estos dos métodos y desarrollaron la estrategia *hybrid system*. Esta técnica combina lo mejor del *Kanban* y *Conwip*, generando costos de implementación bajos y las preocupaciones de mantenimiento serían favorables al segundo método. El operador podría suministrar a los clientes de forma independiente según *kanban* y *Conwip* y los controles serían menos restrictivos en caso de inactividad de la máquina.

Sistemas Comerciales

Los dos sistemas comerciales considerados, *demand flow* y *Toyota Production System*, han tenido un éxito considerable. Pero una de las mayores preocupaciones es el costo de implementación. Cuando solicitaron proformas a los consultores para su implementación todos estos excedieron el presupuesto designado. Con las restricciones en el sistema del contrato sindical y la tendencia a tener operadores de diferentes clasificaciones trabajando uno al lado del otro, flexionar no era una opción. (Ford & Usrey, 2000)

Curso final de la acción

Según los cálculos, todas las técnicas serían rápidamente rentables, pero las técnicas *kanban*, *Conwip* e híbridas fueron superiores en función del tiempo de recuperación. Esto se debió principalmente al menor costo de implementación. Aunque estas tres técnicas son similares, la técnica híbrida ofreció la recuperación más rápida y también el valor presente neto más alto de los cinco candidatos para cualquier horizonte de inversión. (Ford & Usrey, 2000, p. 9)

La implementación del proyecto *lean manufacturing* logro una reducción del 60% en los tiempos de producción, los costos disminuyeron un 42% y una reducción del 17% de los costos en horas extras. Cuando se indago a los supervisores y operadores la respuesta fue favorablemente abrumadora, además el departamento donde se implementó la estrategia ha

sido reconocido por desarrollar estándares en otras secciones de la empresa, tanto, que, gerentes senior, proveedores externos y clientes han quedado impresionados con los resultados.

2.2.9 Ford

La empresa Ford Motor Company pertenece a la industria de automóviles más grande y exitosa alrededor del mundo. El fundador fue Henry Ford, desde sus inicios la compañía es reconocida por su enfoque innovador y dinámico para la producción. Ford fue un innovador en lo que respecta a producción estandarizada de las líneas de ensamblaje, llegando a conocer su método como Fordismo. Consideraba que los trabajadores debían tener un salario digno, para que adquirieran los mismos productos que produjeran.

Henry Ford fue un hombre visionario, consideraba que las tareas se debían dividir en más simples y menos complejas, mediante el uso de herramientas especializadas y partes intercambiables. Si bien el éxito de la empresa cada vez fue mayor esto se debe en gran parte por implementar procesos de mejora continua. Siempre se preocupó por mejorar los procesos existentes y hacerlos más funcionales, eficientes y efectivos.

Para ello, la empresa Ford con su característica innovadora en el tiempo, tuvo la necesidad de implementar el *lean manufacturing* especialmente *six sigma*, por los siguientes factores (*Lean Six Sigma*, 2020):

- Reducción de costo. El antiguo proceso de producción de Ford era sorprendentemente costoso. Al presentar *six sigma*, ya no usaban recursos que no eran necesarios.
- Mejora de la calidad. Ford siempre ha sido conocido por sus productos de calidad, pero los estándares de herederos de eventos se deslizan de vez en cuando. Si bien, para la mayoría de las empresas, un mero nivel de calidad del 99% se considera aceptable, esto deja pasar una sorprendente cantidad de defectos. Hasta 20,000 casos de defectos. *Six sigma* defiende que solo el 99.99966% (y más) es ideal. Este porcentaje limita el número de defectos por millón a solo siete. Como tal, Ford hizo grandes avances asombrosos en la mejora de la calidad utilizando *six sigma*.

- Pobres tasas de satisfacción del cliente. Satisfacer la demanda del cliente es tan importante para el éxito como aprovecharla. Muchos de estos problemas se vinculan entre sí, ya que es probable que varias instancias de defectos se sumen a un producto defectuoso. Esto inevitablemente no satisfará al cliente, por lo que Ford eligió implementar *six sigma*, optimizar sus procesos y mejorar los problemas de producción. Todo lo cual se suma a una empresa más productiva y clientes más felices.
 - Disminución del impacto ambiental al reducir el consumo de solventes. *six sigma* es una filosofía extremadamente ecológica, y Ford la usa para hacer grandes cambios en su conciencia ambiental. El consumo de recursos vitales de Ford resultó muy costoso a largo plazo. Pero al comprometerse con una cultura de trabajo verde con *six sigma*, redujeron los costos, aumentaron la calidad y mejoraron la satisfacción del cliente.
- (p. 1)

Cuando la empresa implemento la metodología *Six Sigma* se presentaron una serie de inconvenientes, como todo nuevo proceso, pero la empresa no dio marcha atrás y tiempo más tarde comenzó a dar sus frutos. La metodología *Six Sigma* permitió a la compañía eliminar más de \$ 2.19 mil millones de desperdicios en los que va de la década y media. “Resolvieron este problema aplicando técnicas *Lean Six Sigma*, como un proceso de resolución de problemas basado en datos, para idear soluciones a los problemas de residuos” (*Lean Six Sigma*, 2020, p. 3).

Además de todo lo expuesto la implementación de esta metodología presento un impacto positivo en las operaciones de la empresa, que les ha ahorrado más de mil millones de dólares a los consumidores en todo el mundo y ayudando a finalizar 10.000 proyectos de mejora. Así mismo, la satisfacción del cliente logro aumentar en cinco puntos. Implementar estrategias de *lean manufacturing* permitió a Ford solucionar problemas que venían arrastrando de años atrás como productividad inadecuada, baja eficiencia del uso de recursos, una pobre satisfacción del cliente y poco cuidado medioambiental.

2.2.10 Toyota

Es una empresa que fue fundada en 1929 por Kiichiro Toyoda, una de las más grande del mundo desde el 2012 ha vendido más de 10 millones de vehículos al año. Por ello, es que muy pocas empresas del sector rivalizan con la marca japonesa. El éxito de Toyota radica en lo que ellos denominan la Pirámide de “4P” del modelo de Toyota que contiene 14 principios *Lean*, como se presenta a continuación:



Gráfico 20. Pirámide “4P” del modelo de Toyota
Fuente: Toledano , Sierra, & Julian, (2009)

Concepto I: Filosofía (Pensamiento a largo plazo)

- Principio 1. Tienen como filosofía de largo plazo en base a la información recolectada a corto plazo, especialmente los que suceda con el cumplimiento de los objetivos financieros.

Concepto II: Proceso (Eliminación de los despilfarros)

La empresa japonesa tiene una creencia firme que los procesos correctivos, generarán los resultados adecuados, ellos siempre buscan la excelencia para mejorar cada vez sus estrategias. En este contexto, para alcanzarlo se basan en los siguientes principios:

- Principio 2. Tiene la filosofía que mantener un flujo continuo, para mantener siempre los problemas a flote.
- Principio 3. Implementan el sistema PULL, para no realizar una sobreproducción.

- Principio 4. Mantener niveles óptimos de carga de trabajo, ya sea en el personal o en las maquinas.
- Principio 5. Mantiene un pensamiento de detenerse para resolver el problema, para lograr una buena calidad desde la primera vez.
- Principio 6. La mejora continua de las tareas estandarizadas, para lograr la autonomía del trabajador.
- Principio 7. Constantemente se realiza un control visual para detectar de manera oportuna los problemas.
- Principio 8. El uso de equipo tecnológico probado y certificado, que mejore la eficiencia al personal y sus procesos.

Concepto III: Gente y Socios (Respeto, retos y continua evolución)

La empresa detecta a las personas en el corazón de su sistema y trata de mantener relaciones de mutuo acuerdo con la finalidad de que todos obtengan beneficios.

- Principio 9. Motivación y crecimiento personal a líderes comprometidos con la empresa y con su filosofía y dispuestos a compartir el conocimiento.
- Principio 10. Busca desarrollar las capacidades de sus trabajadores, que crean en la filosofía de la empresa.
- Principio 11. Respeto a los diferentes socios y proveedores, buscando y ayudando que cada día sean mejores.

Concepto IV: Resolución de problemas (Aprendizaje organizativo)

- Principio 12. Inspecciona personalmente para entender a fondo la situación.
- Principio 13. Siempre buscar el consenso en decisiones importantes y de manera pausada, tomando en cuenta todas las opciones para aplicarlas.
- Principio 14. Transfórmese en una organización que aprenda mediante el análisis y reflexión constante.

2.3 Aporte en pequeñas y grandes empresa manufactureras

Las empresas siempre buscan mejorar el desempeño de sus operaciones de tal manera de alcanzar nuevos estándares de eficiencia en las diferentes actividades que desempeñan y así obtener un beneficio tanto económico como de aceptación por parte del consumidor. Por ello, el *lean manufacturing* ha sido para grandes y pequeñas empresas que han implementado esta metodología una de sus mejores estrategias.

Las empresas que han implementado esta herramienta obtuvieron disminuciones considerables que oscilan desde un 50% al 20% en las áreas utilizadas, costos de producción, costo de calidad e inventarios, Lead time y costos de compras, logrando con ello la mejora óptima en las diferentes fases y la optimización en el sistema de fabricación, que conllevan al uso eficiente y eficaz de los recursos convirtiendo las compañías más competitivas (Vargas, María, Muratalla, & Jiménez, 2017, p. 171).

Pero según el estudio de Vargas, Muratalla, & Jiménez de las empresas que solo se enfocan en implementación del *lean manufacturing*, no tienen resultados positivos de aquellas que, si comprendieron la filosofía de esta metodología, por la razón que la herramienta siempre busca un trabajo conjunto y continuo.

Capítulo 4. *Lean manufacturing* y las empresas ecuatorianas

La globalización financiera, económica, tecnológica y social, ha fomentado que las empresas del Ecuador busquen alternativas para mejorar la calidad de los procesos productivos y dar un nuevo paso hacia una nueva competitividad. Sumado a una legislación cambiante, ha generado que los procesos productivos cambien.

Para ello, muchas empresas en Ecuador para no quedar rezagadas han comenzado a implementar el *lean manufacturing*, una metodología especializada en mejorar la eficiencia administrativa y operacional, en la eliminación de desperdicios como se lo ha explicado anteriormente. En este contexto, para lograr una aplicación completa de los métodos *lean* se debe contar con una serie de herramientas y adaptarlas a la realidad de cada empresa.

3.1 Antecedentes de *lean manufacturing* en el Ecuador

Las actividades económicas y comerciales en el Ecuador se han caracterizado por un aumento de la producción en los últimos años, especialmente por un incremento de la inversión en maquinaria e infraestructura. En este contexto, muchas de las empresas se han visto en la necesidad de buscar una alternativa para mejorar su productividad, mediante la implementación de herramientas *lean*. Así un estudio realizado por Ortega & Vaca (2018) a un conjunto de 84 empresas en el Ecuador se encontro que:

El promedio general sobre prácticas *Lean* es 78,5%. En el sector industrial, se verifica que existe conocimiento del sistema en un 63% contra 37, que es el desconocimiento; en sector servicios el porcentaje afirmativo es 54% contra el 46%, negativo; porcentajes que permiten establecer que el sistema *Lean* es aplicado en la mayor parte de empresas, las diferencias entre el uno y otro son justificables por cuanto el pensamiento *Lean*, históricamente ha sido más asociado a la manufactura antes que a la distribución o el comercio. (Ortega & Vaca, 2018, p .159)

Además, se comprobó que el nivel de eficiencia de *lean* en las áreas correspondientes de trabajo, llego a un nivel de 95 y 96%. Demostrando que las empresas que implementaron los métodos *lean*, fomento espacios bien distribuidos. “Del lado contrario, están las cotas más

bajas del 48 y 57%, que es la aplicación de la técnica SMED, la cual revela que no se le presta mucha atención a los tiempos controlados” (Ortega & Vaca, 2018, p .159).

En conclusión, las compañías que implementaron en Ecuador las herramientas de *lean manufacturing*, obtuvieron un alto nivel responsabilidad y eficiencia en lo que respecta a prácticas de mejora continua y desperdicios. Además, que tanto en el sector de producción como el de servicios, existe en sus propietarios y administradores una amplia gama para implementar las herramientas *lean*, con la finalidad de mejorar la calidad de sus procesos productivos, productos y servicios.

Se evidencia, además, la similitud de ideologías y pensamientos en cuanto a la orientación al servicio, siendo por lo tanto una característica referente de desarrollo productivo. El análisis sobre los conocimientos del manejo controlado en los tiempos de procesos refleja no estar en los niveles óptimos requeridos, aspecto que en cierto modo puede significar incremento de costos. (Ortega & Vaca, 2018, p .160).

3.2 Recopilación de estudios documentados de *lean manufacturing* en empresas ecuatorianas

En este apartado se recopilará y analizará, casos de empresas ecuatorianas que han implementado la metodología *lean manufacturing*, que buscan alternativas para desarrollar sistemas de producción que oferte productos de calidad y un valor al cliente. En este contexto se presenta a continuación de empresas ecuatorianas que apostaron por las metodologías *lean*, con la finalidad de aumentar su eficiencia en el administrativo y operacional.

3.2.1 Mervisa del Ecuador

Es una empresa ecuatoriana que se fundó en el año 2001, dedicada a la comercialización de productos de limpieza para el hogar, oficinas e industria. Su rápido crecimiento le obligó a diversificar un poco más su oferta de productos, donde actualmente abastece a productos de limpieza para el hogar, automotriz e institucional con marcas de calidad tales como “estrella”, “ales”, “Scott”, “elite”, “Kimberley Clark”.

Mervisa produce desinfectantes líquidos biodegradables en diferentes fragancias para satisfacer los diferentes gustos de sus clientes tales como: eucalipto, frutal, cereza, limón, manzana, pino, lavanda. Además, dentro de su gama de producción posee jabón líquido, shampoo de autos y de alfombras, ambiental líquido, todo esto con propia marca lanzada al mercado denomina como “Glistening”; la misma que se acredita confianza en calidad y precio justo en el cliente, reflejado por el índice de ventas a subdistribuidores y consumidores del producto. (Regalado, 2014, p. 37)

En este contexto, por la importancia de la empresa a nivel nacional y siempre mantener a la demanda satisfecha, buscaba mejorar sus operaciones, especialmente en la línea de producción que carecía de instrumentos de trabajo en sus diferentes procesos, evitando un óptimo uso de los recursos cuando se ejecutaban las diferentes actividades. Al no tener métricas de control y procedimiento de trabajo estandarizado, se presentaban de manera continua inconsistencias en las operaciones, para ello, su solución fue implementar el *lean manufacturing*, que permite detectar los desperdicios y corregirlos.

3.2.1.1 Resultados de los procesos productivos de Mervisa del Ecuador

Una vez que la empresa realizó su análisis de los desperdicios mediante las técnicas del *lean manufacturing*, detectaron una serie de inconvenientes que afectaban la productividad de la empresa y estos fallos consecuentemente afectaban en la calidad del producto, generando una pobre satisfacción del cliente. Así entre las fallas que se detectaron fueron las siguientes: (Regalado, 2014)

- La productividad de la empresa esta direccionada y aplicada a la línea producción desinfectante, la misma es: 5,63 gl/h. Dado las restricciones del proceso en cuanto a la polivalencia del personal y los cuellos de botella antes mencionados y detallados en los diagramas de espigas de pescado. Se presentan las siguientes opciones y atacar dichas restricciones:
- Reestructurar el detalle de actividades dentro del proceso para minorar el tiempo de ciclo actual que es: 126,82 min.
- Proponer mejora en la técnica de envasar el producto terminado en el envase a través de mediciones exactas con instrumentos metódicos para dicho proceso.

- En el problema de sellado del envase, vamos a proponer una prueba de muestreo del material en este caso las tapas.
- Proponer el entrenamiento a personal antiguo o nuevo para el área de fabricación para aumentar la polivalencia de los operarios. (p. 57)

3.2.1.2 Modelo propuesto para corregir los errores detectados

Con la finalidad de corregir los desperdicios detectados, la empresa desarrollo un modelo basado en dos estrategias, que le permite mejorar y corregir los errores. En este contexto, se presenta a continuación las estrategias del modelo implementado:

Implantación de Materiales de Medición (Regalado, 2014)

- Implantando la metodología del 5 “s”; que se basa en la clasificación, orden, limpieza y estandarización.
- Redirigir la técnica y el método de envasar el producto final, por medio de materiales de apoyo de medición tales como jarras con mediciones claras de 4 litros, dicha medida es equivalente a un galón, la cual es la unidad producida generalmente en la empresa.
- Generalizando y señalizando los sitios predeterminados para cada una de las actividades correspondientes del proceso como tal.
- Para trasladar el producto final de la jarra al galón se propone la utilización de un embudo, cuyo diámetro abastezca la cantidad requerida en el envase y disminuya el desperdicio; evitando así el desperdicio de producto terminado, el cual es uno de los pilares fundamentales de la metodología *lean manufacturing*; otra ventaja que se logrará es la disminución del tiempo de transporte innecesario al llevar los materiales de un lugar a otro. (p. 59)

Entre las ventajas de aplicar la estrategia, son una mejor optimización de tiempo del uso del personal cuando el producto es envasado; hubo una reducción del desperdicio, los costos de implementación de redujeron. Así mismo, se presentó desventajas como: residuos de producto en el embudo lo que genera desperdicio, pérdida de la técnica ergonómica del

trabajador al sostener el envase de cuatro litros del producto terminado; con esta actividad repetitiva.

Modelo de Layout

En esta estrategia del modelo se buscó rediseñar el área de producción, en la parte que corresponde a la línea de fabricación. La propuesta define en ubicar los tanques de fabricación a un nivel de 3 metros sobre el suelo de la planta, desde la boca del tanque hasta su inicio; de esta manera se rediseña el área de fabricación y se optimiza el tiempo de envasado, ya que se adaptarían llaves plásticas en los tanques. Para que los tanques de fabricación del producto se llenen al caer por un caudal predeterminado por gravedad. (Regalado, 2014)

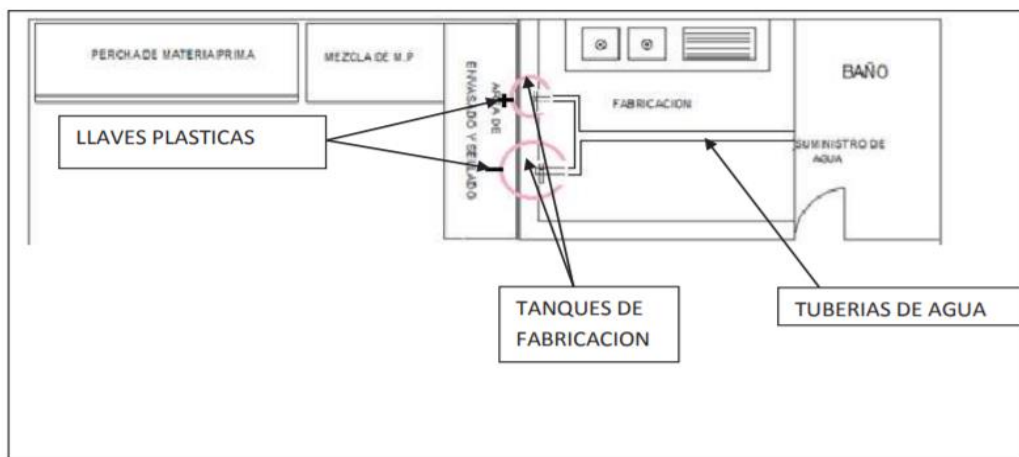


Gráfico 21. Línea de producción propuesta
Fuente: Regalado, (2014)

La estrategia de rediseñar un nuevo *layout* presento resultados positivos, disminuyendo en un 87% de desperdicio del producto terminado, sumado una eficiencia óptima del uso de tiempo por parte de los operarios de producción, disminuyendo el ciclo de producción a 112 minutos.

En este contexto, entre las ventajas que se detectaron a implementar esta estrategia son: Optimización del personal en el uso del tiempo, el desperdicio del producto terminado es mínimo, la optimización del tiempo en producir mejor; lo que abre la oportunidad para aumentar la producción. Entre sus desventajas, un costo medio para su implementación y

riesgos de posición del operario, dado que debe controlar y estar pendiente de que no sobrepase el límite del envase.

3.2.2 Tenaris S.A.

Es una empresa metalúrgica, que se encarga de elaborar tubos de acero y ofrece servicios para aplicaciones industriales. La empresa tiene una presencia importante en el mercado nacional, esta cuenta con una estructura organizacional jerárquica en donde el CEO lidera la compañía, posterior los gerentes de operaciones de cada planta y los gerentes departamentales de las áreas macros como son: Logística, Recursos Humanos, Financiero, Desarrollo de Tecnología, Comercial, Relaciones Institucionales y Comunicaciones. (Guncay , 2015, p. 6)

En el mercado ecuatoriano los principales consumidores de sus productos son de la industria hidrocarburífera, entre la que más destaca es la empresa pública Petroecuador y la multinacional correspondiente a compañías privadas Sushufindi (Schlumberger - Tecpetrol) y Sinope. La competencia principal de la compañía Tenaris, son aquellas empresas que se dedican a la producción y comercialización de productos relacionados para la industria del gas y petróleo.

3.2.2.1 Aplicación del *lean manufacturing*

Por la importancia de la empresa en el Ecuador, se vieron en la necesidad de optimizar sus procesos, debido a información recolectada de años pasados en donde se encontró que existían desperdicios en la producción. Para ello, antes de realizar la implementación de *lean manufacturing*, la empresa elaboró una matriz de priorización, para clasificar las operaciones que presentan un valor agregado de las que no generan valor agregado y las herramientas *lean* para nivel del proceso productivo. En este contexto las matrices que se usaron fueron las siguientes:

- Matriz de priorización del proceso de roscado.
- Matriz de Priorización del Proceso de Inspección de Rosca.
- Matriz de Priorización del Proceso de NDT.

- Matriz de Priorización del Sub Proceso de Pre Acoplado.
- Matriz de Priorización del Sub Proceso de Acoplado Automático.
- Matriz de Priorización del Proceso de BME.

Una vez determinado el estudio de priorización por medio de las herramientas *lean manufacturing* y de acuerdo con los resultados obtenidos, las herramientas *lean* que debían ser implementadas en la empresa fueron las siguientes:

- Las 5s.
- Gestión visual.
- Estandarización.

Implementación de las 5s

Para la implementación de las 5´s se siguió una secuencia de pasos, mismos que se detallan a continuación (Santos et al., 2015)

Paso 1: Preparación del material didáctico para la capacitación.

Paso 2: Escoger el área inicial a ser implementada.

Paso 3: Formar el Equipo de Trabajo.

Paso 4: Realizar la capacitación con la metodología a ser realizada: por cada “S” se realizó una formación y después se puso en práctica.

Paso 5: Implementar la “S” en cada área con el levantamiento de un registro fotográfico del antes y después.

Paso 6: Establecer indicadores para verificar el estado de la implementación. (p. 170)

Gestión Visual

En función a las herramientas que establece el *lean manufacturing*, se implementó la gestión visual en los siguientes elementos (Guncay , 2015):

- a) Proceso Roscado.
- b) Proceso Inspección de Rosca.

- c) Proceso NDT.
- d) Proceso Acoplado y Paso de Mandril.
- e) Proceso de BME.

Adicionalmente, se realizaron:

- a) La marcación del piso de color verde para paso peatonal en planta.
- b) La identificación de las protecciones de los equipos.
- c) La identificación y ordenamiento de los contenedores de desechos ser reciclados o tratados.
- d) La colocación de cartelera informativa.
- e) La colocación de señalética para áreas, equipos y zonas de riesgo dentro de la planta. (p. 168)

Estandarización de procesos

Para ello, realizaron un diagnóstico de los procesos de producción con respecto a los diagramas de flujo con los que la empresa trabajaba normalmente. Para realizar las evaluaciones se siguió los siguientes pasos:

- Distinguir las operaciones que deben mejorarse.
- Detallar en un registro los hallazgos del trabajo.
- Analizar los puntos esenciales del trabajo.
- Elaborar un nuevo método de trabajo.
- Capacitar a los trabajadores sobre las nuevas metodologías de trabajo.
- Implementar la nueva metodología de trabajo.

3.2.2.2 Resultados de implementar *lean manufacturing*

La aplicación de las herramientas *lean manufacturing* trajo varios beneficios a los procesos productivos de la empresa como, por ejemplo:

Disminución del producto no conforme en un 83% (de 1,57% a 0,27% en valores promedio comparando los periodos octubre 2013 - junio 2014 / julio 2014 - mayo 2015) y a la reducción del 300% de reclamos del cliente (3 a 0 reclamos comparando los periodos octubre 2013 - junio 2014 / julio 2014 - mayo 2015). (Guncay , 2015, p. 264)

Además de las mejoras establecidas, las herramientas *lean manufacturing*, permitieron a la empresa identificar los elementos de mejora en los diferentes procesos de producción. De esta forma la metodología *lean*, permitió identificar como opciones a implementar las 5S, Gestión Visual y Estandarización.

Adicionalmente el estudio *lean manufacturing* permitió a la compañía clasificar las actividades que presenta un valor agregado de las que no, con lo que se procedió a eliminar los procesos inadecuados y mejorar los necesarios en la cadena de producción: (Guncay , 2015)

- Para el Proceso de Roscado: Una reducción del 40,5% (530,6 segundos a 315,72 segundos).
- Para el Proceso de Inspección de Rosca: Una reducción del 18,9% (675,15 segundos a 547,36 segundos).
- Para el Proceso de NDT: Una reducción del 22,5% (139,8 segundos a 108,32 segundos).
- Para el Proceso de Acoplado y Paso de Mandril:
 - Sub Proceso de Pre Acoplado: Una reducción del 21,4% (171,5 segundos a 134,74 segundos).
 - Sub Proceso de Acoplado Automático: Una reducción del 25,2% (144,08 segundos a 107,82 segundos).
 - Para el Proceso BME: Una reducción del 34,1% (161,16 segundos a 106,26 segundos). (p. 266)

3.2.3 Conduit del Ecuador S.A.

Es una compañía que se dedica a la producción de tubería, fue fundada hace unos 30 años por emprendedores ecuatorianos y japoneses. Desde sus inicios ya muchos años atrás siempre

implemento equipo y maquinaria moderna, sumado a estándares de gestión japonés, que obligan a obtener equipos y productos de calidad. Implementar lo descrito ha permitido que la empresa sea reconocida en el mercado nacional como internacional.

En este contexto, la empresa por mantener prácticas de calidad ha tenido que sacrificar los costos de producción lo que ha reducido la competitividad de la empresa a los precios actuales, provocando que los clientes busquen otras alternativas como la importación del producto, que mucha de las veces no es de buena calidad. De esta forma, luego de un largo análisis de los pro y contras de alternativas para mejorar la calidad, se decidieron por implementar el *lean manufacturing*.

3.2.3.1 Diagnóstico de la empresa

Por la importancia y presencia de la empresa tanto a nivel nacional e internacional, con el compromiso de generar un producto de calidad para los consumidores, la empresa procedió a realizar un diagnóstico de la situación del sistema de producción.

Desperdicios

Uno de los principales objetivos del *lean manufacturing* es la eliminación de los desperdicios, la mejora continua y el control total de la calidad y aprovechar de manera eficiente todo el potencial de la cadena de valor y la participación de las actividades. En este contexto, la empresa procedió a realizar un análisis de los siguientes elementos:

- Sobreproducción.
- Espera.
- Transporte innecesario.
- Procesamiento incorrecto.
- Inventario.
- Retrabajo y productos defectuosos.
- Talento humano.

Identificación de cuellos de botella

Después de haber analizado los desperdicios en los procesos, el principal cuello de botella es el tiempo de espera para ingresar en la línea de producción y esto se da por el desconocimiento de un real mix de productos y del tamaño del lote adecuado para atender los requerimientos del cliente, sin tener que esperar largas corridas de producción de ítems que no necesariamente serán requeridos por el cliente. (Baroja, 2014, p. 28)

En este contexto con la finalidad de eliminar el cuello de botella, la compañía usó las herramientas del *lean manufacturing*, que son: (Baroja, 2014)

- Demanda del consumidor: Comprender las necesidades que tiene el cliente de productos o servicios, además de tener en cuenta las características de calidad, tiempos de entrega (*Lead time*) y precio.
- Flujo continuo: Establecer el flujo continuo en toda la compañía para que los consumidores internos y externos reciban los artículos y materiales indicados, en el tiempo que lo desean y en la cantidad correcta.
- Nivelación: Distribuir idénticamente el trabajo por cantidad y variedad, para reducir el inventario en proceso e inventario final, lo que fomentará a los clientes pedir órdenes en pequeñas cantidades. (p. 39)

Ya controlado el cuello de botella, se estima que se puede alcanzar las siguientes características: (Baroja, 2014)

- Consolidar los procesos, inspeccionar la demanda del cliente, capacidades del equipo, equilibrar el trabajo y el flujo de materiales.
- Estandarizar los procesos y el trabajo en cada área.
- Simplificar mediante el *Kaizen*, después de haber consolidado y estandarizado. (p. 39)

3.2.3.2 Resultados

Luego de haber implementado las herramientas del *lean manufacturing*, se evidenció lo siguiente:

- Los costos de producción disminuyeron
- Se identificaron los desperdicios desde el ingreso hasta la salida del producto, se identificaron las actividades que no tenían un valor agregado y se las eliminó, haciendo más eficiente el trabajo en tiempo y operación.
- La existencia de materia prima en exceso, consecuencia de no conocer la demanda real de los clientes. Una vez estudiado al cliente se pudo reducir este desperdicio.
- “La espera para que la línea de producción vuelva a ingresar el momento de ruptura de stock, era muy larga, lo que hacía que nuestros clientes no nos concreten pedidos puesto que requerían el producto de inmediato”. (Baroja, 2014, p. 96)
- Se pudo corregir un inventario innecesario, consecuencia de no identificar el flujo de valor del producto, haciendo lento el proceso.
- “Mantener el inventario utilizando una planificación adecuada por medio de la caja de *Heijunka* y el método *Kaizen* nos ayuda a evitar la ruptura de inventarios, y a optimizar los costos, porque las corridas de producción son las adecuadas”. (Baroja, 2014, p. 97)

3.3 Ventajas, desventajas y limitaciones comunes

Cuando una empresa mantiene un proceso que lo ha trabajado por mucho tiempo, cambiarlo para mejorar su productividad, sus procesos, la calidad de sus productos y servicios, por otro método que se considera más eficiente, genera una serie de ventajas, desventajas y limitaciones, que deben afrontar las compañías con la finalidad de mejorar su competitividad y su eficiencia.

3.3.1 Ventajas

Con el hecho de implementar las herramientas de *lean manufacturing* podemos encontrar una serie de ventajas que van a mejorar la productividad de la empresa. En este sentido, tomando en referencia a las empresas ecuatorianas que han implementado los métodos *lean*, podemos determinar las siguientes ventajas:

- Permite una mejor toma de decisiones al momento de suprimir actividades que no presentan valor agregado a través de diagramas de proceso.
- Permite estandarizar los procesos y mantener un control.
- El *lean manufacturing* es flexible en cuanto a su aplicación, ya que permite implementar en diferentes procesos de fabricación.
- Permite medir y clasificar mediante variable que se pueden cuantificar facilitando la evaluación de los procesos de manera objetiva los resultados obtenidos.
- En los casos analizados una vez logrado la eficiencia productiva se logró una reducción de los costos.
- La reducción de inventarios que provocaban un costo ineficiente, que generaba gastos a las empresas.
- En todas existió una reducción de su *lead time*, permitiendo a las empresas ser más rápidas en respuesta al cliente, conllevando a una mejor satisfacción y calidad del producto.
- Los operadores o trabajadores demostraron un mayor compromiso que aporta un valor agregado, logrando a través de capacitaciones y comunicación entre ellos.
- Se mejoró la eficiencia del transporte de los productos o insumos hacia los diferentes consumidores, abaratando los costos que surgen de un transporte no eficiente.

3.3.2 Desventajas

Así mismo como todo proceso, aunque genera ventajas, de la misma forma provoca desventajas. Así, entre las desventajas encontradas entre las empresas ecuatorianas que implementarían las herramientas de *lean manufacturing* tenemos:

- Cuando se implementa las herramientas de *lean manufacturing*, no admite una eliminación completa de las operaciones que no tienen un valor agregado en su fase de implementación. La eliminación de casi el 100% de los desperdicios se logrará con la mejora continua.
- En las empresas que son objeto de estudio, les tomo un tiempo significativo obtener los datos estadísticos para realizar el respectivo análisis y evaluación.

- Cuando las empresas quisieron implementar las herramientas *lean manufacturing*, uno de los inconvenientes que presentaron, es la resistencia al cambio; especialmente por parte de los operarios que tenían antigüedad en la compañía.
- Genera inconvenientes entre los trabajadores y administrativos, por la resistencia al cambio.
- Dependiente del tamaño del área o tamaño de la planta, se tomará un tiempo hasta implementar las herramientas, lo que puede genera ineficiencias y aumentos de los costos.
- Falta de apoyo por los directivos ralentizó los procesos, lo que generó que se pierda el avance; lo que conlleva a comenzar desde cero.
- Tener una línea de producción estandarizada puede generar despidos del personal, por la eliminación de procesos que no generan valor, provocando que se necesite menos personal para las actividades.
- Implementar las herramientas de *lean manufacturing*, genera costos para la empresa principalmente en la adecuación de un área y capacitación del personal, entre otros.

3.3.3 Limitaciones

El método o las herramientas *lean manufacturing*, no cabe duda de que son una de las mejores estrategias para mejorar la productividad y la competitividad de la empresa, pero, no se la debe considerar una panacea a todos los problemas que presentan las empresas. Pues, cada una de las estrategias, herramientas o métodos trae consigo una serie de limitaciones como:

- *Lean*, es una herramienta muy centrada en los flujos de valor internos de las compañías, generalmente toma al mercado como un elemento aislado, lo que la lleva a no considerar las diferentes restricciones de mercado, conllevando a la empresa a ser más eficiente en sus procesos productivos y actividades, desenfocándose en vender más.
- Generalmente tiende a sobreestimar los datos estadísticos para buscar las soluciones más complejas, cuando muchas de las veces el remedio es la solución más simple.

- Se centra mucho en la reducción de costos como una de las finalidades en los proyectos de implementación, lo que conlleva a dejar de lado la satisfacción del cliente.
- Aunque establece un esquema estructurado e integrado de los diferentes procesos que se realiza en una empresa, carece de herramientas específicas para realizar un óptimo mejoramiento continuo de las actividades.

Conclusiones

- El *lean manufacturing* es un conjunto de herramientas que permiten a una empresa mejorar sus procesos de manera óptima y eficiente, sin importar la clase, tipo o tamaño de la compañía. La metodología fue creada por la empresa japonesa Toyota y se conoció como *Just in Time*, que originalmente fue vendida con el objetivo de reducir los inventarios y desperdicios, de los cuales podían ser: transporte productos, tiempo, almacén entre otros.
- El *lean manufacturing* se caracteriza principalmente por la mejora continua, estructurada y sistemática de las operaciones que no presentan un valor agregado. Teniendo en cuenta, que su implementación implica costos y principalmente esfuerzo, compromiso y liderazgo por parte de la dirección de tal manera que todos los miembros de la organización comprenda el valor de la metodología, además que se debe tener la filosofía de que “todo se puede hacer mejor”, es decir que una empresa siempre debe estar en la búsqueda continua para mejorar sus procesos.
- El *lean manufacturing* en el Ecuador no está muy desarrollado, ya sea por falta de conocimiento, recursos, mejores tecnologías entre otros. Pero de las empresas que han logrado implementar la herramienta han presentado una serie de resultados positivos que le han permitido ser más competitivas en la actualidad, más aún que las exigencias no se limitan a nivel nacional, sino se demanda a nivel internacional con mejores prácticas empresariales.

Recomendaciones

1. Las empresas que implementa el *lean manufacturing*, siempre deben tener presente su filosofía si desean tener éxito y más en el entorno ecuatoriano, donde su desarrollo es muy pobre, dado que no existen compañías en el mundo que perduren en el tiempo sin innovación y mejora continua.

Lean manufacturing es una filosofía de trabajo, basada en las personas, quienes ejecuta los procesos y acciones de mejora en el sistema de producción focalizándose en identificar y eliminar todo tipo de “desperdicios”, definidos éstos como aquellos procesos o actividades que usan más recursos de los estrictamente necesarios. Identifica varios tipos de desperdicios que se observan en la producción como, por ejemplo: sobreproducción, tiempo de espera, transporte, exceso de procesado, inventario, movimiento y defectos. *Lean* mira lo que no deberíamos estar haciendo porque no agrega valor al cliente y tiende a eliminarlo. (Hernández & Vizán 2013, p. 9)

En este sentido, mediante la implementación de la metodología las empresas pueden superar diversos inconvenientes que se presentan en sus procesos productivos y hacerlos más eficientes. Por la razón que generalmente las organizaciones siempre usan más recursos de los que se necesitan, creando una serie de desperdicios que no les permiten ser optimas en sus diferentes procesos productivos

2. La implementación del *lean manufacturing* en lo que respecta en pequeñas y medianas empresas es factible y pueden obtener resultados positivos, siempre y cuando su plan de implementación este bien elaborado, estructurado y sobre todo sea comprendido por toda la organización. (Sacconini, 2008) indica que existen tres elementos fundamentales que se deben considerar para el éxito de una implementación *lean*:

- *Lean manufacturing* es un proyecto estratégico.
- Se debe preparar la estructura organizacional para trabajar con herramientas *lean*.
- Toda la organización debe entender y comprometerse con la implementación *lean manufacturing*.

Una vez que la empresa ha tomado en consideración los tres elementos, comenzará la etapa de la implementación que contará con las siguientes etapas:

1. Diagnóstico y formación
2. Planificación
3. Lanzamiento
4. Estabilización
5. Estandarización
6. Flujo

Las organizaciones que lograron culminar la etapa de implementación deben considerar siempre que la filosofía *lean manufacturing* no es de una sola vez en la vida empresarial, se necesita mantener una mejora continua a lo largo del tiempo, con la finalidad de ser más eficientes con los recursos que se necesitan para la producción en la organización.

- Las empresas ecuatorianas que han implementado las herramientas *lean manufacturing* han presentado resultados positivos en lo que respecta a eficiencia y optimización de sus procesos productivos. Por ejemplificar Mervisa del Ecuador logró una mejor optimización de tiempo del uso del personal cuando el producto es envasado; hubo una reducción del desperdicio, los costos de su producción se redujeron. Así mismo, se presentó desventajas como: residuos de producto en el embudo lo que genera desperdicio, pérdida de la técnica ergonómica del trabajador al sostener el envase de cuatro litros del producto terminado; con esta actividad repetitiva.

La estrategia de rediseñar un nuevo *layout* presento resultados positivos, disminuyendo un 87% de desperdicio del producto terminado, sumado una eficiencia óptima del uso de tiempo por parte de los operarios de producción, disminuyendo el ciclo de producción a 112 minutos.

- Para el caso de la empresa Tenaris S.A. se presentó una disminución del producto no conforme en un 83% (de 1,57% a 0,27% en valores promedio comparando los periodos octubre 2013 - junio 2014 / julio 2014 - mayo 2015) y a la reducción del 300% de reclamos del cliente (3 a 0 reclamos comparando los periodos octubre 2013 - junio 2014 / julio 2014 - mayo 2015). (Guncay, 2015, p. 264)

- Por último, Conduit del Ecuador S.A. entre los resultados positivos que obtuvieron son:
 - Los costos de producción disminuyeron
 - Se identificaron los desperdicios desde el ingreso hasta la salida del producto, se identificaron las actividades que no tenían un valor agregado y se las eliminó, haciendo más eficiente el trabajo en tiempo y operación.
 - La existencia de materia prima en exceso, consecuencia de no conocer la demanda real de los clientes. Una vez estudiado al cliente se pudo reducir este desperdicio.
 - “La espera para que la línea de producción vuelva a ingresar el momento de ruptura de stock, era muy larga, lo que hacía que nuestros clientes no nos concretaran pedidos puesto que requerían el producto de inmediato”. (Baroja, 2014, p. 96)
 - Se pudo corregir un inventario innecesario, consecuencia de no identificar el flujo de valor del producto, haciendo lento el proceso.
 - “Mantener el inventario utilizando una planificación adecuada por medio de la caja de *Heijunka* y el método *Kaizen* nos ayuda a evitar la ruptura de inventarios, y a optimizar los costos, porque las corridas de producción son las adecuadas”. (Baroja, 2014, p. 97)

En este sentido, la implementación de la metodología *lean manufacturing* en las empresas ecuatorianas ha fomentado una serie de resultados positivos para mejorar su productividad. Por ello, es recomendable que cada vez más empresas ecuatorianas implementen las herramientas del *lean manufacturing*, de tal manera que se mejore la productividad y eficiencia de sus procesos, generando compañías mejores adaptadas a las condiciones de mercado.

Bibliografía

- Abril , D. (2013). *“PROPUESTA DEL SISTEMA LEAN MANUFACTURING EN LA FABRICACIÓN DE GABINETES PARA REFRIGERADORAS EN LA EMPRESA INDURAMA-INDUGLOB S.A.”*. Cuenca: Universidad de Cuenca.
- Abril, D. (2013). *Propuesta del sistema Lean Manufacturing en la fabricación de gabinetes para refrigeradoras en la empresa Indurama-Induglob S.A.* Cuenca : Universidad de Cuenca .
- Acodad, A. (2012). *Metodología para la implementación de actuaciones de eficiencia energética*. Sevilla: Universidad de Sevilla.
- American Society for Quality Control. (2013). *American Society for Quality Control*. Obtenido de <https://asq.org/>
- Arrizabalagauriarte Consulting . (2017). *Arrizabalagauriarte Consulting* . Obtenido de <https://arrizabalagauriarte.com/los-8-desperdicios-del-sistema-de-produccion-de-toyota-tps/>
- Baroja, S. (2014). *Implementación de Lean Manufacturing (Manufactura Esbelta) en la fabricación de tubería de acero inoxidable como parte del mejoramiento de la productividad bajo el Sistema de Gestión de Calidad ISO 9001:2008*. Quito: Universidad Tecnológica SEK.
- Becerra, A. (2019). *LEAN MANAGEMENT APPLIED BY NIKE*. Guayaquil: ESPOL.
- Carro, R., & Gonzáles , D. (2013). *ADMINISTRACIÓN DE LA CALIDAD TOTAL (TQM - Total Quality Management)*. Mar de la Plata : Universidad del Mar de la Plata .
- Caterpillar . (2020). *Caterpillar* . Obtenido de <https://www.caterpillar.com/es/company/history.html>
- Dimitrova, V., Selvy, T., Ishiko, K., & Sun, D. (2014). *The application of Lean Six Sigma to the configuration control in Intel’s manufacturing R&D environment*. Arizona: Emerald Group Publishing Limited.
- EADIC. (2013). Obtenido de <https://www.eadic.com/despilfarros-lean-manufacturing/>

- Ferradás, P., & Salonitis, K. (2013). Improving changeover time: A tailored SMED approach for welding cells. *In Procedia CIRP*, 598–603.
- Ford, B., & Usrey, M. (2000). *Diseño e implementación de Lean Manufacturing en John Deere Dubuque Works*. Colorado: Universidad de colorado.
- Garvin, W. (2015). Lean in six steps. *Industrial Engineer*, 42-45.
- GestioPolis. (2001). *GestioPolis* . Obtenido de <https://www.gestiopolis.com/que-es-la-cadena-de-valor/>
- Guerrero , J. (2017). *LEANSROOTS Lean Manufacturing y Productividad Personal*. Obtenido de <https://www.leanroots.com/wordpress/2017/09/29/poka-yoke/>
- Guncay , M. (2015). *Aplicación de Herramientas de Calidad Basadas en Lean Manufacturing en el Centro Productivo de Elaboración de Roscas para Tuberías Petroleras. Caso: Centro Productivo Empresa Tenaris S.A. Periodo 2014-2015*. Quito : Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- Hernández , J., & Antonio, V. (2013). *Lean manufacturing Conceptos, Técnicas e Implamtación* . Madrid: Fundación EOI.
- ICSA. (2018). Obtenido de <https://www.icsa.es/>
- Illinois Tool Works. (2020). *Illinois Tool Works*. Obtenido de <https://www.verisk3e.com/illinois-tool-works>
- Indurama. (2019). *Indurama*. Obtenido de <https://www.indurama.com/>
- INEN. (2017). *Servicio Ecuatoriano de Normalización* . Obtenido de <http://ininvalidacionycertificacion.blogspot.com/2017/06/certificado-de-conformidad-con-sello-de.html>
- Ingeniería de Calidad . (2018). *Ingeniería de Calidad* . Obtenido de <https://www.ingenieriadecalidad.com/2018/10/como-calculiar-el-takt-time.html>
- Jusko, J. (2011). *IndustryWeek*. Obtenido de <https://www.industryweek.com/leadership/companies->

executives/article/21956807/lean-manufacturing-operations-propel-caterpillar-forest-products

Kelley, L. (2010). <https://news.alibaba.com/article/detail/trade-knowledge/100407466-1-after-deploying-lean-six-sigma%252C.html>. Obtenido de <https://news.alibaba.com/article/detail/trade-knowledge/100407466-1-after-deploying-lean-six-sigma%252C.html>

Kimberly-Clark. (2020). *Kimberly-Clark*. Obtenido de <https://www.kcprofessional.com.ec/>

Lean Six Sigma. (2020). *Lean Six Sigma*. Obtenido de <https://www.6sigma.us/uncategorized/six-sigma-case-study-ford-motors/>

Liker, J. (2006). *Las Claves del éxito de Toyota, 14 principios de Gestión del Fabricante*. Barcelona: McGraw-Hill, 2004.

Lloyd's Register. (2018). *Lloyd's Register*. Obtenido de <http://www.lrqqa.es/certificaciones/iso-9001-norma-calidad/>

Mohamad, E., & Ito, T. (2013). *International Journal of Internet Manufacturing*. Obtenido de <http://doi.org/10.1504/IJIMS.2013.058716>

Morales, L. (2015). *Calameo*. Obtenido de <https://es.calameo.com/books/0053064773d69e63eb118>

Muñoz, S. (2016). *Diccionario Lean Manufacturing*. Valladolid : Universidad de Valladolid

Ortega, M., & Vaca, H. (2018). *Filosofía lean y gerencia de operaciones: El caso de las empresas de Ambato, Ecuador*. Ambato: ESPE.

Parker Hannifin Corporation . (2020). *Glassdoor*. Obtenido de https://www.glassdoor.com/job-listing/lean-mgr-div-parker-hannifin-JV_IC1145782_KO0,12_KE13,28.htm?jl=3360724034

Porter, M. (2000). *Ventaja competitiva. Creación y sostenimiento de un desempeño superior*. México : Compañía Editorial Continental.

- Quality Digest. (2009). *Quality Digest*. Obtenido de <https://www.qualitydigest.com/inside/six-sigma-news/textron-six-sigma-reaps-benefits-blended-learning-100909.html>
- Rajadell, M., & Sánchez, J. (2010). *Lean manufacturing: La evidencia de una necesidad*. México: Ediciones Díaz de Santos.
- Regalado, J. (2014). *Proponer el Sistema Lean Manufacturing en Mervisa del Ecuador, Empresa Dedicada a la Producción de Desinfectantes Líquidos Biodegradables*. Quito : UDLA.
- Rodríguez, M. (2012). *MEJORA EN LA DISTRIBUCIÓN EN PLANTA CON TÉCNICAS “LEAN MANUFACTURING”*. Sevilla: Universidad de Sevilla.
- Rojas, A., & Soler, V. (2017). LEAN MANUFACTURING: TOOLS TO IMPROVE PRODUCTIVITY IN BUSINESSES. *Empresa*, 116-124.
- Schunke, C. (2013). Indurama, Una Marca Ecológica . *Ekos*, 22-25.
- Techni-Tool. (2015). *7 Principles of Lean Supplies*. New York: Techni-Tool.
- Toledano , D., Sierra, M., & Julian , S. (2009). Las claves del éxito de Toyota». LEAN, más que un conjunto de herramientas y técnicas. *Redalyc*, 113-122.
- Universidad Fermin Toro . (2012). *Universidad Fermin Toro* . Obtenido de <http://gerentederelaciones-industriales.blogspot.com/>
- Vargas, J., María, J., Muratalla, G., & Jiménez, M. (2017). Lean Manufacturing ¿una herramienta de mejora de un sistema de producción? *Ingeniería Industrial.*, 153-174.
- WordPress. (2017). *WordPress*. Obtenido de <https://waldocc.files.wordpress.com/2017/12/ciclo-deming.pdf>
- WORLD BASC ORGANIZATION. (2018). *WORLD BASC ORGANIZATION*. Obtenido de <https://www.wbasco.org/es/certificacion/certificacion-basc>

Anexos

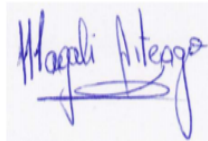
Anexo 1. Abstract aprobado

ABSTRACT

This is a bibliographic review on *lean manufacturing*, its history, concepts, methods, tools and philosophy are detailed and explained, with an approach that supports the benefits and limitations of its implementation. For this, the document was structured in four parts. The first makes a relationship with a complete theoretical framework of recognized authors of the subject for an in-depth understanding of *lean manufacturing*. The second part focused on the use methodology. The third part focused on the methodology report for the benefit of the industry. Finally, the fourth part analyzed the Ecuadorian context.

Keywords: lean manufacturing, lean manufacturing, six sigma, 5S, Kaisen, Kanban, Heijunka, Smed, Jidoka, Poka yoke.

Translated by



Tabatha Lizeth Astudillo Fernández

Anexo 2. Informe de Urkund

Cuenca, 13 de agosto de 2020

Ingeniero,
Oswaldo Merchán Manzano
DECANO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA ADMINISTRACIÓN
UNIVERSIDAD DEL AZUAY

De mi consideración,

Yo, **Benjamín Herrera Mora** informo que he revisado y aprobado el Trabajo de Titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Comercial, denominado **"LEAN MANUFACTURING: REVISIÓN BIBLIOGRAFICA Y SU APOORTE EN LA INDUSTRIA"**, realizado por la/el estudiante/s **Tabatha Lizeth Astudillo Fernández**, con código/s estudiantil ua066765. Al cual le asigno la calificación de 20 sobre 20 puntos.

El contenido del trabajo de titulación fue analizado con la herramienta anti plagio denominada URKUND, cuyo resultado fue el 3% de similitud con fuentes consultadas.

Haga clic aquí para escribir texto en caso de que se requiera justificar el resultado de URKUND

Por consiguiente, doy por aprobado el trabajo. Recomiendo continuar con el proceso de titulación.

Adjunto al presente el Reporte URKUND correspondiente.

Atentamente,



Ing. Benjamín Herrera Mora