

Estudio exploratorio sobre la implementación de técnicas de Lean Manufacturing en procesos logísticos.

María Alejandra Álvarez Arenas

Gabriela Suárez Velandia

Trabajo de Grado para Optar al Título de Ingeniero Industrial

Director

Néstor Raúl Ortiz Pimiento

PhD. En ingeniería

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas

Escuela de Estudios Industriales y Empresariales

Ingeniería Industrial

Bucaramanga

2022

Dedicatoria

Dedico esta tesis con mucho cariño a mi "nonita preciosa", Senaida Anteliz. Porque he encontrado las fuerzas para seguir adelante en la ilusión de volvernos a abrazar.

A mi mamá, Luz Dary Velandia, por sostener mi mano en las adversidades e inculcar en mí el ejemplo de la responsabilidad y perseverancia.

A mi papá, Carlos Fernando Suárez por brindarme calma en los momentos de tensión y enseñarme que “todo va a estar bien”.

A mi hermano, Jorge Enrique Suárez, por ser una de las inspiraciones más grandes en cada momento de mi vida y mi motivación para actuar de manera correcta.

A mi familia, por el apoyo incondicional a lo largo de mi vida, y fortalecer mi formación a través del amor.

A Felipe Corzo, por el apoyo brindado durante los últimos años de mi carrera y estar a mi lado celebrando cada uno de mis logros.

Gabriela Suárez Velandia

Agradecimientos

Agradezco a Dios por ser mi guía y mejor amigo en cada paso de mi vida. Gracias por haberle brindado salud a mi familia y amigos para celebrar este logro juntos, como siempre lo soñé.

Asimismo, quiero agradecerle a Senaida Anteliz por tanto amor. Gracias por apoyarme en todo momento y darme las fuerzas necesarias para continuar con mi carrera. Agradezco a Dios por la posibilidad de dedicarle a usted, no solo esta tesis, sino el fruto de todos mis esfuerzos, que también han sido suyos. Para usted, Senaida, con todo mi corazón, por ser la razón de mi felicidad y mi gran inspiración.

A Luz Helena Velandia, gracias por ser mi mejor amiga y mi apoyo emocional durante estos últimos años. Gracias por estar a mi lado cuando más lo he necesitado.

Agradezco a la Universidad Industrial de Santander por la formación integral que recibí a lo largo de mi carrera universitaria, a los docentes que con su sabiduría me acompañaron durante este proceso, y a mis amigos por su apoyo incondicional.

Gabriela Suárez Velandia

Primeramente, le agradezco a Dios y a la Virgen María por estar presente en mi trayecto estudiantil y en mi vida, por guiarme siempre para tomar las mejores decisiones y cuidar de mí.

De igual forma a mis papás por apoyarme siempre y ser mi mayor motivación para cumplir mis sueños y metas y finalmente a la Universidad Industrial de Santander por brindarme la oportunidad de tener una excelente formación profesional y al profesor Néstor Raúl Pimiento por el acompañamiento y ayuda en la realización del presente proyecto.

María Alejandra Álvarez Arenas

Tabla de Contenido

	Pág.
Introducción	12
1. Generalidades del proyecto.....	15
1.1 Planteamiento del problema.....	15
1.2 Justificación del problema	16
2. Objetivos	17
2.1 Objetivo general.....	17
2.2 Objetivos específicos	17
3. Metodología	17
3.1 Antecedentes metodológicos	17
3.2 Análisis bibliométrico.....	19
4. Conceptualización de lean manufacturing y lean logistics	25
4.1 Lean Manufacturing.....	25
4.1.1 Pilares del Lean Manufacturing.....	26
4.1.2 Principios del Lean Manufacturing.....	28
4.1.3 Elementos Conceptuales Necesarios para implementar el Lean.....	29
4.1.4 Herramientas antecesoras del Lean Manufacturing.....	33
4.1.5 Herramientas del Lean Manufacturing	34
4.2 Lean Logistics.....	38
4.2.1 Logística.....	38
4.2.2 Procesos logísticos.....	39
4.2.3 Factores foco de la logística.....	40
4.3 Herramientas del Lean Manufacturing empleadas con mayor frecuencia en los procesos logísticos	41
4.4 Herramientas antecesoras del Lean Manufacturing que fueron empleadas en los procesos logísticos.	46
4.5 Herramientas que no han sido incorporadas de manera amplia en los procesos logísticos	47
4.6 Herramientas aplicadas a cada proceso logístico.....	48

5. Cambios efectuados en la aplicación de las herramientas del Lean Manufacturing en los procesos logísticos	50
5.1 Comparación entre las herramientas Lean entre su enfoque original la manufactura y el objetivo de estudio, la logística.....	50
5.2 Herramientas Lean que aún no han migrado a los procesos logísticos.....	58
5.3 Adaptación de herramientas del Lean Manufacturing a los procesos logísticos	61
5.4 Esquema gráfico.....	68
6. Impacto de la aplicación de las herramientas Lean como estrategia de mejoramiento de los procesos logísticos.	72
6.1 Análisis del impacto en la aplicación de herramientas Lean en las empresas	72
6.2 Ventajas y barreras en la aplicación de herramientas Lean en la logística	74
6.2.1 Ventajas.....	74
6.2.2 Barreras	76
7. Resultados	77
7.1 Artículo de carácter publicable	77
7.2 Análisis de los cambios.....	77
8. Conclusiones	80
9. Recomendaciones	81
Referencias bibliográficas.....	82

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1 Cumplimiento de los objetivos de la investigación	14
Tabla 2 Códigos asignados a las herramientas Lean	42
Tabla 3 KPIS para medir el nivel Lean en el almacén	44
Tabla 4 Código asignado para cada proceso logístico	49
Tabla 5 Comparación de la herramienta VSM entre el Lean Manufacturing y Lean Logistics	51
Tabla 6 Comparación de la herramienta OEE entre el Lean Manufacturing y Lean Logistics	52
Tabla 7 Comparación de la herramienta 5'S entre el Lean Manufacturing y Lean Logistic	53
Tabla 8 Comparación de la herramienta D'EP entre el Lean manufacturing y Lean Logistics	54
Tabla 9 Comparación de la herramienta KBN entre el Lean Manufacturing y Lean Logistics	54
Tabla 10 Comparación de la herramienta CV entre el Lean Manufacturing y Lean Logistics	55
Tabla 11 Comparación de la herramienta PKYK entre el Lean Manufacturing y Lean Logistics	56
Tabla 12 Comparación de la herramienta SMED entre el Lean Manufacturing y Lean Logistics	57
Tabla 13 Comparación de la herramienta D'ESP entre el Lean Manufacturing y Lean Logistics	58

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1 Documentos por año	22
Figura 2 Número de documentos publicados por autor	22
Figura 3 Porcentaje de documentos por área de conocimiento	23
Figura 4 Porcentaje de documentos por tipo	23
Figura 5 Número de documentos publicados por país	24
Figura 6 Mapa de calor de términos con mayor ocurrencia	25
Figura 7 Mapa de relación de términos	25
Figura 8 Diagrama Ishikawa o de Causa Efecto	34
Figura 9 Periodos de la concepción de la función logística	39
Figura 10 Factores foco de la logística	41
Figura 11 Frecuencia de herramientas Lean empleadas en la presente investigación	43
Figura 12 Frecuencia de herramientas Lean en procesos logísticos	50
Figura 13 Cuadro comparativo de las fases para la implementación de proyectos Lean en la manufactura y proyectos Lean en la logística	59
Figura 14 Adaptación de herramientas Lean en los procesos logísticos	62
Figura 15 Metodología para la implementación de Lean Warehousing.	64
Figura 16 Mudas extendidas al proceso de transporte	65
Figura 17 Flujo de proceso de análisis del PVSM	67
Figura 18 Principios para la implementación de una gestión de inventario esbelta.	68
Figura 19 Esquema adaptación de la herramienta OEE/KPI a la logística	70
Figura 20 Esquema adaptación de la herramienta VSM a la logística	70

Figura 21 Esquema adaptación de la herramienta 5'S a la logística	71
Figura 22 Esquema adaptación de la herramienta Kanban a la logística	71
Figura 23 Esquema adaptación de la herramienta D'EP a la logística	71
Figura 24 Ventajas del Lean Logistics	74

Lista de Apéndices

Los apéndices están adjuntos en una carpeta denominada “apéndices” de la siguiente forma:

Apéndice A. Artículo implementación de herramientas lean en los procesos logísticos

Apéndice B. Análisis de los cambios

Apéndice C. Análisis del impacto

Apéndice D. Análisis de los cambios de las herramientas en cada documento estudiados

Apéndice C. Análisis de herramientas implementadas en cada documento

Apéndice E. Análisis del impacto de las herramientas en cada documento

Apéndice G. Ubicación original de las figuras realizadas

Resumen

Título: Estudio exploratorio sobre la implementación de técnicas de Lean Manufacturing en procesos logísticos (Lean Logistics).

Autor: María Alejandra Álvarez Arenas y Gabriela Suárez Velandia

Palabras Clave: Lean Manufacturing, Lean Logistics, VSM, 5's, KPI, Herramientas, Adaptación, Cambios, Impacto, Filosofía Lean.

Descripción: Lean, es una filosofía que tiene como objetivo la mejora continua de las organizaciones, la cual inicialmente fue implementada sólo en los procesos de manufactura y tomó el nombre de “Lean Manufacturing”. Su aplicación en las empresas trajo consigo beneficios en la generación de mayor valor agregado en los procesos de manufactura, ya que se lograban eliminar todos los desperdicios identificados mediante las herramientas Lean. Ahora bien, debido al éxito en la implementación de esta filosofía en los procesos de manufactura, se ha venido desarrollando también dentro de los procesos logísticos, siendo considerada como “Lean Logistics”. En este orden de ideas, la presente investigación analiza y estudia la forma en que estas herramientas se han adaptado en los procesos de la logística, como lo son: el abastecimiento, almacenamiento, gestión de inventarios, transporte y distribución. De igual forma, estudia el impacto que ha tenido el “Lean Logistics” en diferentes organizaciones, identificando limitaciones y ventajas en su implementación. Siendo así, esta investigación dio como resultado un documento que recopila y estudia información de diferentes fuentes, con el propósito de realizar un análisis de los cambios efectuados en las herramientas Lean al migrar de los procesos de manufactura a los logísticos.

* Bachelor de grado

** Escuela de Estudios Industriales y Empresariales. Director: Néstor Raúl Ortiz Pimiento

Abstract

Title: Exploratory study on the implementation of lean manufacturing techniques in the logistics processes (Lean Logistics).

Author(s): María Alejandra Álvarez Arenas and Gabriela Suárez Velandia

Key Words: Lean manufacturing, Lean Logistics, VSM, 5's, KPI, Tools, Adaptation, Changes, Impact, Lean Philosophy.

Description: Lean, is a philosophy that has as main objective at continuous improvement in organizations, which was initially implemented only in manufacturing processes and took the name of "Lean Manufacturing", its application in companies brought benefits in the generation of greater added value in the manufacturing processes, since were achieved to eliminate all the waste identified through the Lean tools. Now, due to the success in the implementation of this philosophy in manufacturing processes, it has been implemented in other processes such as logistics, considered as "Lean Logistics". This research analyzes and studies how these tools have been adapted in logistics processes such as supply, storage, inventory management, transportation, and distribution, in the same way it studies the impact that "lean logistics" has had on different organizations identifying limitations and advantages in its implementation. Thus, this research resulted in a document that compiles and studies information from different sources, with the purpose of analyzing the changes made in Lean tools when migrating from manufacturing processes to logistics processes.

* Bachelor de grado

** Escuela de Estudios Industriales y Empresariales. Director: Néstor Raúl Ortiz Pimiento

Introducción

Se ha evidenciado que, a lo largo del tiempo, es posible encontrar tres estadios de evolución sobre la definición de logística: partiendo de la logística como actividades de distribución física, que consistía en la reducción de los costos de transporte; posteriormente, se sumó a la logística la integración de actividades internas del flujo de materiales en la empresa (distribución física y fabricación) en donde aún no se contemplaban las relaciones con los proveedores y clientes. Este segundo avance tiene relación con los procesos internos de la empresa, sin considerarse el concepto de cadena de suministro, que fue incluido más adelante, con un concepto más integrado tanto de actividades internas como externas, cuyos objetivos estarían centrados en disminuir los costos finales de un producto o servicio y brindar el mejor nivel de atención al cliente.

La logística abarca procesos de gran importancia y es un elemento vital para el correcto funcionamiento de las cadenas de suministro de las empresas y de las organizaciones, ya que todas ellas, sin importar a qué industria estén enfocadas, precisan de una estrecha y correcta relación con sus proveedores, además de contar con el estado de sus productos o servicios en tiempo real, lograr la correcta distribución de sus entregas, medir qué servicio se le está brindando a los clientes, entre otras actividades que permiten que todos los demás procesos funcionen y tengan una correcta secuencia, sin retardos ni cuellos de botella.

Para lograr un correcto funcionamiento de la cadena de suministro enfocada en los procesos logísticos que la abarcan, se han venido implementando las herramientas del Lean Manufacturing. Esta filosofía ha tenido una transición en los distintos procesos de las organizaciones, cuyo enfoque busca optimizar los procesos de fabricación y ampliar su acción en casi todos los sectores y procesos de las empresas, siendo ésta una estrategia sistemática para aumentar el valor del cliente al encontrar y eliminar el desperdicio (tiempo, esfuerzo y materiales) a través de la mejora continua y al hacer fluir el producto según el impulso del cliente en la búsqueda de la perfección (Sadash & Senthilkumar, 2021).

De esta forma, el presente proyecto busca exponer la trayectoria que ha tenido la filosofía Lean en cuanto a su implementación en los distintos procesos de la logística. Se mencionarán, de igual forma, las herramientas más utilizadas en dichos procesos con el respectivo análisis del

impacto que han tenido en las organizaciones. Se busca también identificar la transición del Lean y su implementación en nuevos sectores, realizando un diagnóstico que permita comprender el impacto de la aplicación de las herramientas Lean como estrategia de mejoramiento de los procesos logísticos en las diferentes empresas.

Cumplimiento de los objetivos

Tabla 1

Cumplimiento de los objetivos de la investigación

OBJETIVO	UBICACIÓN
Realizar una revisión documental acerca de los estudios desarrollados en torno al Lean Logistics, con el fin de determinar qué herramientas clásicas del Lean han sido aplicadas en los procesos misionales de las empresas en el área logística.	Capítulo 3
Identificar qué herramientas lean son empleadas con mayor frecuencia dentro de la cadena de valor en los procesos logísticos y las empresas de su sector.	Capítulo 4
Analizar la forma en que fueron adaptadas las herramientas clásicas de Lean Manufacturing en los procesos logísticos, así como su aplicación a los diferentes servicios que contribuyen a la consecución de su objeto social.	Capítulo 5
. Realizar un diagnóstico que permita comprender el impacto de la aplicación de las herramientas Lean como estrategia de mejoramiento de los procesos logísticos en las diferentes empresas.	Capítulo 6
Artículo de carácter publicable que contiene los aspectos importantes de la información recolectada durante la investigación.	Apéndice A
Documento con el análisis de los cambios efectuados del enfoque clásico del lean hacia los procesos logísticos.	Apéndice B
Documento con el análisis del impacto de la aplicación de las herramientas Lean en los procesos logísticos	Apéndice C

1. Generalidades del proyecto

1.1 Planteamiento del problema

La productividad ha sido un tema muy estudiado y, al mismo tiempo, aplicado en las empresas manufactureras, independientemente del producto fabricado o el servicio prestado. De esta forma, se ha determinado que el objetivo de las empresas, además de ser rentables, es ser productivas; esto quiere decir, aprovechar al máximo los recursos disponibles. Por consiguiente, han implementado distintas técnicas, herramientas y conceptos que buscan incrementar la productividad en las organizaciones. Con la intención de alcanzar este propósito, los japoneses Eiji Toyoda y Taiichi Ohno fueron pioneros en la creación del concepto de Lean Manufacturing aplicado a la fabricación de automóviles (Rivera, 2013). Dicha filosofía consiste en un proceso continuo y sistemático de identificación de desperdicios, entendidos como aquellas actividades que no agregan valor a un proceso, sino que, en su lugar, generan costos y trabajo innecesario (Socconini, 2019).

A lo largo del tiempo, se ha evidenciado cómo las organizaciones han adoptado los principios de la filosofía Lean en sus operaciones para eliminar continuamente el desperdicio de sus procesos y competir mejor en el mercado. Aunque se ha demostrado que las prácticas Lean son muy provechosas y útiles, no son tan fáciles de implementar. Existen una serie de desafíos al ponerlas en práctica, y uno de ellos es, dentro del ámbito cultural, ya que los trabajadores de diferentes países y empresas tienen diversas motivaciones; por lo tanto, encontrar un método para motivar e involucrar a los trabajadores para que se adhieran a las prácticas Lean, es una prioridad (Zsidisin, 2009).

Lean Manufacturing es una filosofía de producción que ha generado grandes impactos en la forma en que se entiende la manufactura moderna en todo el mundo. En los últimos 20 años, los principios de esta filosofía y sus enseñanzas se han extendido en distintos sectores, inclusive en sectores no manufactureros como logístico, servicios y salud (Rivera, 2013). Sin embargo, se ha evidenciado que las investigaciones realizadas sobre el tema se han centrado en sectores de fabricación, producción y operaciones, con muy pocos estudios que proporcionen información sobre cómo se integra una filosofía Lean en otras funciones críticas de la cadena de suministro,

tales como compras, gestión de suministros, logística, transporte y distribución. Dichos estudios se pueden simplificar con el nombre de Lean Logistics (Zsidisin, 2009).

Lean Logistics, basándose en el concepto original de Lean Manufacturing, busca mejorar los procesos tanto de fabricación como de servicios, eliminando actividades que no agregan valor al cliente; mejor conocidas como “mudas” o “desperdicios”. De esta forma, los clientes finales no asumen el costo por ineficiencias en los procesos de la organización.

Por lo anterior, esta investigación pretende determinar qué herramientas clásicas del Lean han sido implementadas en los procesos logísticos, además de analizar la forma en que estas fueron adaptadas al migrar de un sector al otro. Así mismo, busca identificar las ventajas del Lean Logistics y aquellas barreras e implicaciones que han tenido las industrias en la implementación de esta filosofía en sus procesos logísticos.

1.2 Justificación del problema

La filosofía aplicada del Lean a los procesos logísticos ha sido implementada principalmente en la gestión de la cadena de suministro, mejorando la gestión de inventarios y materiales además de reducir desperdicios en los procesos de entrega. Lo anterior resulta en una forma de disminuir costos, tiempos y el riesgo de inventario. Su ejecución implica analizar todos y cada uno de los procesos que componen la cadena de suministro, seguido de identificar las actividades y procesos que no aportan valor, para, finalmente, determinar acciones que eliminen estas ineficiencias. Es importante, además, medir los resultados para analizar si la implementación del Lean generó resultados efectivos traducidos en mejoras y reducción de tiempos y desperdicios.

En virtud de la naturaleza evolutiva del concepto lean, la presente investigación tiene como propósito abordar esta filosofía a través de un estudio exploratorio en el que se evidencie la implementación de técnicas de Lean Manufacturing en los procesos de la logística; analizando la forma en que estas han sido adaptadas en las diferentes organizaciones, para de esta forma aportar información valiosa a las empresas que deseen implementar esta filosofía en sus procesos logísticos.

2. Objetivos

2.1 Objetivo general

Realizar un estudio sobre la implementación de técnicas de Lean Manufacturing en los procesos logísticos, con el fin de analizar las diferencias con respecto al enfoque original.

2.2 Objetivos específicos

Realizar una revisión documental acerca de los estudios desarrollados en torno al Lean Logistics, con el fin de determinar qué herramientas clásicas del Lean han sido aplicadas en los procesos misionales de las empresas en el área logística.

Identificar qué herramientas Lean son empleadas con mayor frecuencia dentro de la cadena de valor en los procesos logísticos y las empresas de su sector.

Analizar la forma en que fueron adaptadas las herramientas clásicas de Lean Manufacturing en los procesos logísticos, así como su aplicación a los diferentes servicios que contribuyen a la consecución de su objeto social.

Realizar un diagnóstico que permita comprender el impacto de la aplicación de las herramientas Lean como estrategia de mejoramiento de los procesos logísticos en las diferentes empresas.

3. Metodología

3.1 Antecedentes metodológicos

El concepto de Lean Logistics es cada vez más común en el mundo de la literatura y es definido de varias maneras, dependiendo del alcance y el contexto del estudio. Generalmente, suele abordarse como una dimensión logística de la producción, en línea con el concepto de Lean Management y Lean Manufacturing (Baudin, 2004). En la logística interna y externa, los procesos están diseñados para soportar el flujo continuo de materiales para la producción y completar la entrega a los clientes finales manteniendo el tiempo, lugar, calidad y costo apropiados. Además, todos los procesos logísticos que tienen lugar en la organización deben mejorarse con constancia, especialmente en cuanto a la eliminación de residuos innecesarios y actividades que no generan valor añadido (Baudin, 2004).

En la práctica, pueden haber nueve áreas logísticas señaladas en las que es posible que ocurran las pérdidas típicas de Lean, estas son: servicio de logística y atención al cliente, previsión de la demanda y planificación, adquisición y compras, gestión de stock, entregas y comunicación, embalaje de materiales, transporte, almacenamiento y logística inversa (Sopadang, 2014). La aplicación de los principios Lean en las áreas mencionadas, además de la identificación y eliminación de pérdidas, conduce a diversos beneficios tangibles tales como: el equilibrio de las líneas de producción y la reducción del factor de tiempo de entrega (medido desde el momento del pedido hasta el momento de la entrega), reducción de los niveles de stock, eliminación de paradas, retrasos y variabilidad no deseada; así como una mayor disponibilidad de productos junto con la flexibilidad en toda la cadena de suministro.

Aplicar las directrices de Lean Logistics de forma regular ayuda a prevenir cualquier proceso faltante, basándose principalmente en un análisis sistemático de procesos, control de producción compatible con el sistema Pull y apoyando a las operaciones en curso a través de una serie de herramientas propias del concepto Lean: VSM, Kanban, TPM o 5S. La adaptación de los principios Lean a la gestión de los procesos logísticos busca contribuir a la mejora de los caudales que se producen en ellos.

Sin embargo, mantener el equilibrio entre los requisitos del cliente y las capacidades de la organización requiere una adecuada gestión de la demanda, tanto a nivel estratégico como operativo. Se precisa también estandarizar las actividades y el tiempo de su implementación de manera integral, contando con empleados calificados y multitareas que pueden manejar eficientemente varios procesos (Overboom, 2013).

Gamarra, (2020) en su proyecto denominado “Aplicación de lean logistics para mejorar la productividad en la toma de inventario de la empresa PT&J soluciones empresariales S.A.C. San Borja, 2020” presentaron y determinaron cómo la implementación del lean logistics podría incrementar la proactividad en la empresa PT&J soluciones empresariales S.A.C. El estudio se planteó con un enfoque cuantitativo de investigación donde la implementación de lean logistics incrementaría la productividad en la toma de inventario en 22.08% de la empresa mencionada.

Así mismo, Triana (2020) en su proyecto titulado “Propuesta de mejora para los procesos logísticos en el centro de distribución regional Bogotá de la empresa Comercial Nutresa bajo la filosofía Lean Logistics” realizó un diagnóstico con el fin de mejorar un sistema logístico

encargado de la comercialización y venta de productos en la empresa Comercial Nutresa regional Bogotá, donde el mayor problema que se esperaba solucionar era la localización de los productos en la bodega, la clasificación y la rotación de los mismos, ya que ellos hacían que la situación actual del proceso de alistamiento de pedidos fueran, en algunos casos, caótica por los picos en la demanda de pedidos realizados. De igual forma, se menciona que las herramientas de autodiagnóstico, espinas de pescado y 5 por qué, fueron clave en el desarrollo del proyecto para poder plantear las propuestas de mejora a cada causa que hacía a la empresa ineficiente en algunos aspectos logísticos.

Adicionalmente, Dávila (2018) en su proyecto denominado “Implantación de un modelo basado en herramientas Lean Logistics y su impacto en la gestión de almacén de una empresa industrial” en el cual se evidencia que al aplicar un modelo basado en herramientas Lean Logistics, se implantará una cultura operativa de excelencia basada en la eliminación de desperdicios lean y de metodologías estratégicas que pretende, en primera instancia, reducir tiempos operativos logrando minimizar el costo logístico, incrementar la satisfacción del cliente, optimizar la organización del área y proliferando la productividad de la compañía. Con este proyecto se evidenció, una vez más, el impacto positivo que tiene la implementación de metodologías Lean en los procesos logísticos, haciendo uso de diferentes herramientas que a lo largo del tiempo han sido adaptadas a dichos procesos.

3.2 Análisis bibliométrico

Se puede definir la bibliometría como la aplicación de varios análisis estadísticos para estudiar patrones de autoría, publicaciones y uso de la literatura, contando con un gran número de herramientas para lograr procesar y analizar la información que se encuentre en los procesos de búsqueda. En ocasiones, la cantidad de elementos literarios encontrados son tan extensos que es difícil realizar un análisis de forma manual, motivo por el cual resulta indispensable acudir a herramientas que a lo largo de la historia se han venido implementando con la bibliometría para facilitar cada vez más el análisis estadístico y, de esta forma, lograr una investigación más robusta que permita analizar detalles como países, instituciones, años y demás aspectos que se hayan venido trabajando acerca del tema de la presente investigación.

Para llevar a cabo el análisis bibliométrico y encaminar la investigación a su razón de ser (identificar los avances e investigaciones que se han venido desarrollando sobre la filosofía Lean enfocada en los procesos logísticos de los distintos sectores), se desarrolló una ecuación de búsqueda que contiene todas aquellas palabras claves unidas en un solo conjunto con sus respectivos sinónimos; ecuación que se expondrá a continuación: (("Lean" OR "Lean philosophy" OR "Lean Six sigma" OR "Lean methodology" OR "Lean research" OR "Lean practices" OR "Lean implementation ") AND ("Lean Logistics" OR "Lean transport*" OR "Lean distribution" OR "Lean purchasing" OR "Lean Supply" OR "Supply chain" OR "Provisioning chain" OR "Supply management") AND ("Lean tools" OR vsm OR "Value stream mapping" OR 5s OR "Five S's" OR smed OR "Poka Yoke" OR kanban OR "A3 Format" OR kpi)).

Se decide iniciar la ecuación con el eje central que es la filosofía Lean tomando algunas palabras derivadas de ella, como son, las investigaciones realizadas y la implementación del Lean, entre otras. Asimismo, se añadió al conjunto de datos el Lean logistics con sus respectivas derivaciones, ya que la logística tiene diversos campos de acción enfocados al transporte, distribución, abastecimiento, entre otros; los cuales se adjuntan como sinónimos. Finalmente, se decidió incluir el nombre de las distintas herramientas que se han desarrollado alrededor del Lean, puesto que para el presente proyecto es de vital importancia considerarlas con el fin de evidenciar cuáles de ellas se han venido adaptando al Lean Logistics.

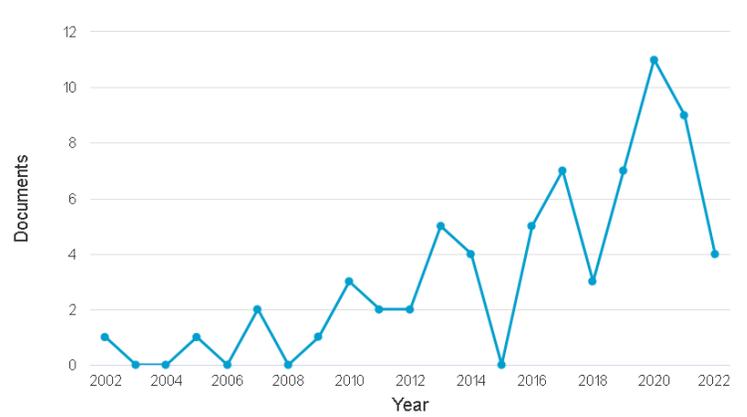
La primera búsqueda se desarrolló en la base de datos SCOPUS teniendo en cuenta aspectos relevantes como el título, el resumen y las palabras claves, arrojando un total de 299 documentos que posteriormente fueron filtrados con base en su resumen. Para ello, se creó un documento de Excel que permitiera analizar todos los resúmenes de los documentos encontrados, organizado en 3 columnas: Nombre del artículo, Decisión (Dividida en 3 subcolumnas con las opciones “sí”, “no” y “tal vez”) y una última columna justificando el porqué de la decisión tomada. Luego de realizar este proceso con los 299 documentos, se debatió la decisión individual que se había tomado frente a cada uno de ellos para, de esta forma, llegar a una conclusión conjunta de cuáles documentos debían ser incluidos en la realización del presente proyecto. Se obtuvo un total de 67 documentos conformados por artículos, documentos de sesión, revisiones y capítulos de libros, agrupados en una lista específica de SCOPUS. Así mismo, para obtener información más

robusta, se realizó una búsqueda con la misma ecuación planteada en líneas superiores en la base de datos Web Of Science (Wos). Se filtró por tema, lo que incluye: título, resumen, palabras clave de autor y palabras claves Plus; obteniendo un total de 149 documentos (que, en su mayoría, habían sido revisados previamente en SCOPUS.) Para tener claridad de cuáles archivos ya habían sido analizados, se descargó la base de datos de los documentos encontrados en Wos en un libro de Excel, en donde se evidenciaban aspectos claves que permitieron realizar una comparación por título empleando una función de Excel. En consecuencia, de lo anterior, fue posible concluir que solo 3 documentos de Wos se adaptan al tema de la presente investigación.

Una vez se obtuvieron los documentos totales después del respectivo filtro realizado, se usó la herramienta que SCOPUS proporciona para el análisis estadístico en cuanto a aspectos relevantes de la información recolectada. El primero de ellos se evidencia en la figura 1, en donde se muestra el número de artículos publicados por año y a partir del cual se concluye que la producción de documentos de la filosofía Lean aplicada a los procesos logísticos inició en el año 2002. De igual forma, es posible afirmar que el año en que se obtuvo el pico más alto en número de publicaciones fue el 2020 con un total de 12 artículos. Finalmente, se evidencia que en el año 2015 no se tuvo interés alguno en investigaciones sobre Lean Logistics.

Figura 1

Documentos por año



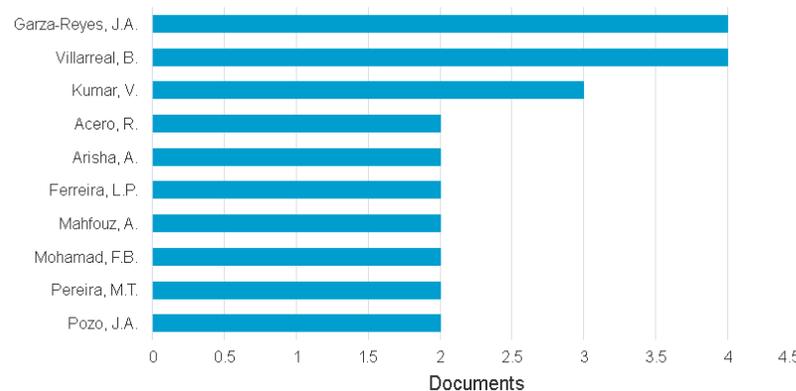
Nota. Adaptado de Scopus

Es importante analizar quiénes han sido los autores con mayor interés en el estudio de la temática central del presente proyecto. Es posible observar dicho análisis estadístico en la figura 2, en donde se evidencia que existen en total 10 investigadores alrededor del tema central, de los

cuales se destacan Garza-Reyes, J.A y Villareal, B. quienes han tenido la mayor producción de documentos con un total de 4, respectivamente.

Figura 2

Número de documentos publicados por autor

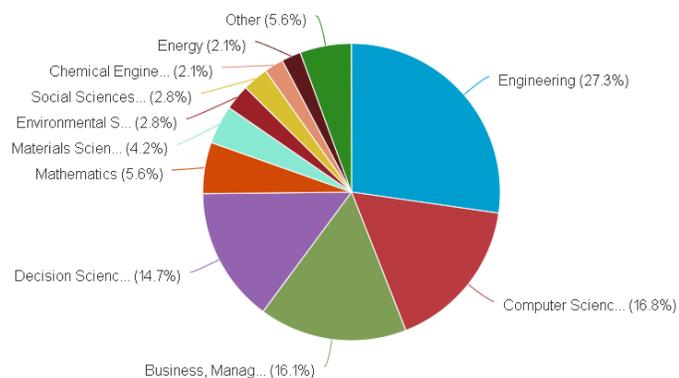


Nota. Adaptado de Scopus

De igual forma, es importante identificar en qué áreas del conocimiento se centran los documentos analizados en la presente investigación. Lo anterior se puede evidenciar en la *figura 3*, a partir de la cual se concluye que el mayor porcentaje (equivalente al 27,3%) corresponde al área de la Ingeniería, seguido de las Ciencias de la Computación con un porcentaje equivalente al 16,8%. Asimismo, es posible afirmar que las áreas del conocimiento con menor relevancia en el estudio del presente tema son la Energía y la Ingeniería Química.

Figura 3

Porcentaje de documentos por área de conocimiento

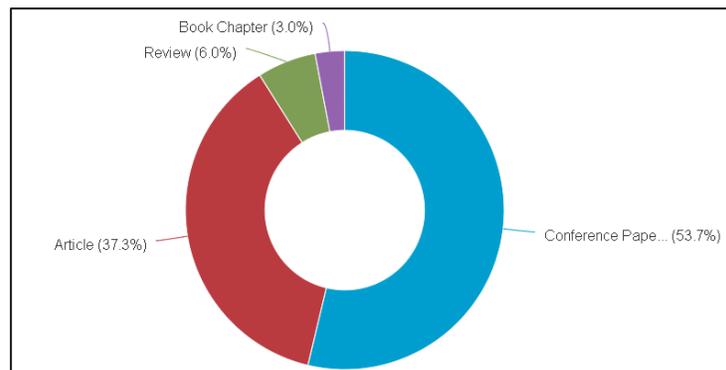


Nota. Adaptado de Scopus

La *Figura 4* representa en porcentaje qué tipo de documentos fueron los más relevantes, y con ella se concluye que los que representan mayor porcentaje son los documentos de sesión con un 53,7% equivalentes a 36 documentos, seguido por los artículos con un 37,3% equivalentes a 25 documentos, y con los porcentajes más bajos se encuentran las reseñas y capítulos de libros con valores de 6% y 3%, respectivamente.

Figura 4

Porcentaje de documentos por tipo

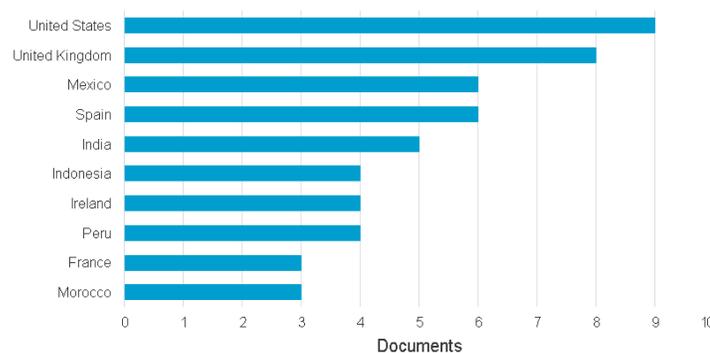


Nota. Adaptado de Scopus

Es importante conocer qué países han tenido mayor interés en la presente investigación. Para ello, en líneas inferiores se encuentra la *figura 5*, a partir de la cual es posible concluir que Estados Unidos es el país con mayor interés en producción de documentos relacionados al *Lean Logistics* con un total de 9, y como países con menor interés están Francia y Morocco con un total de 3 documentos, respectivamente.

Figura 5

Número de documentos publicados por país

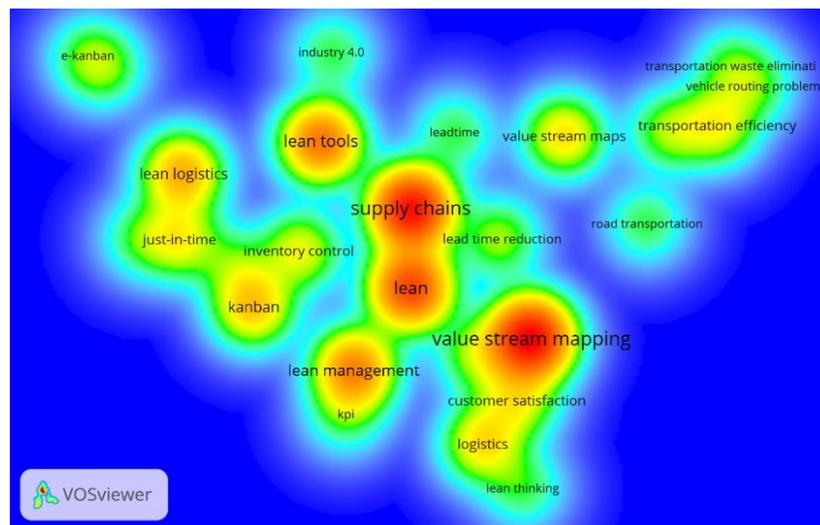


Nota. Adaptado de Scopus

Ahora bien, para realizar el análisis de las palabras claves que tuvieron mayor relevancia en los documentos analizados se usó el programa VOSviewer, con él se obtuvo la *Figura 6*, que corresponde a un mapa de calor, del que se puede concluir que las palabras en un color rojizo son las que presentaron mayor relevancia en la revisión de literatura, como lo son: *Supply chains*, *Lean*, *Value stream mapping* y *Lean management*. Seguidamente, se pueden resaltar más palabras claves como: *Lean logistics*, *Just-in-time*, *Kanban*, *Customer satisfaction*, *Transportation efficiency* y otras. Con lo anterior, se concluye que los estudios realizados en la presente investigación presentaron gran interés en la implementación de herramientas Lean en procesos logísticos como el transporte y la distribución, el servicio al cliente y la gestión de inventarios. De igual forma, las herramientas Lean que han sido mayormente mencionadas en los estudios son: *Kanban*, *Just in Time*, y *Value stream mapping*.

Figura 6

Mapa de calor de términos con mayor ocurrencia



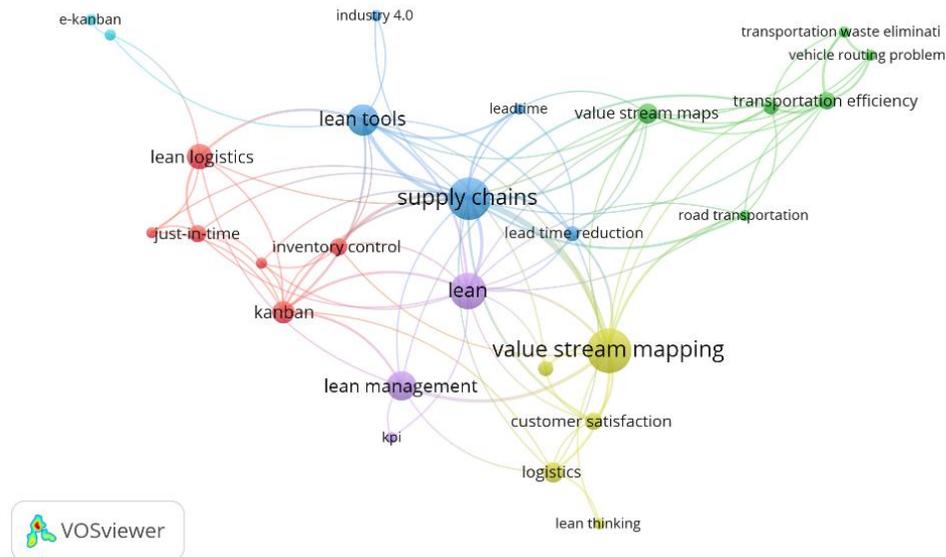
Nota. Adaptado de VosViewer

De igual forma, se considera necesario no solo analizar las palabras con mayor ocurrencia si no también la relación entre ellas; para ello, se obtuvo el gráfico de la *Figura 7* que también fue proporcionado de la base de datos que usamos de SCOPUS con la ayuda del programa VOSviewer. En él, se evidencian los distintos nodos que existen y su relación entre ellos. Con dicha figura, se puede concluir que la herramienta Value Stream Mapping tiene una fuerte relación con la

eficiencia en los procesos y problemas de transporte, así como que del término *Lean Logistics* se desprenden herramientas como Just in Time, Kanban y VSM

Figura 7

Mapa de relación de términos



Nota. Adaptado de VosViewer

Además del uso de bases de datos como SCOPUS y WOS en la presente investigación, se realizó un análisis de literatura gris, tesis de pregrado, actas de congresos, documentos recopilados en Google Scholar, entre otros, los cuales aportaron información relevante sobre la implementación de herramientas Lean en los procesos logísticos. Dichos documentos se encuentran presentes en el apéndice D junto con la demás información recopilada de las bases de datos mencionadas anteriormente.

4. Conceptualización de lean manufacturing y lean logistics

4.1 Lean Manufacturing

Para Hernández et al. (2016), el Lean Manufacturing o Manufactura Esbelta que nació en Japón y fue implementada inicialmente por empresas como Toyota, consiste en una serie de herramientas que permiten el análisis y la eliminación de operaciones que no aportan ningún tipo

de valor a los procesos productivos, al producto final o al servicio y que, por el contrario, generan algún costo o efecto negativo y no son operaciones indispensables. Eliminar operaciones ociosas o improductivas incrementa el valor de las actividades realizadas; así como la reducción de costos, desperdicios, aumento en la productividad, la eficiencia y la eficacia. Representa, en general, una mejora significativa de las operaciones.

El origen de la filosofía Lean Manufacturing aplicada a las empresas surgió en Japón tras la segunda guerra mundial, momento en que empresas como Toyota atravesaban una grave crisis debido, principalmente, a la falta de inversión económica y la dificultad de tener socios comerciales y escasez de materias primas, ya que los recursos naturales cercanos eran muy limitados. Por esta razón se buscó implementar una serie de mejoras que les permitiera seguir produciendo al mismo ritmo y nivel de calidad, optimizando procesos al utilizar menos recursos.

Según Hernández & Bautista (2018), la manufactura esbelta o el método Lean es un esfuerzo sistemático cuya atención se centra en reducir los residuos y los costos, al tiempo que busca la mejora y estandarización de los procedimientos; logrando así, altos niveles de calidad e ingresos financieros. Por otra parte, De Vries et al. (2016), afirman que Lean Manufacturing es un concepto que incluye numerosas técnicas con el objetivo de eliminar desperdicios en los sistemas de la cadena de suministro, reducir el tiempo de entrega, mejorar las rutinas de trabajo, trabajar en equipo, empoderar, mejorar la calidad y reducir los costos.

4.1.1 Pilares del Lean Manufacturing

La Filosofía del Lean Manufacturing se fundamenta en 3 pilares que brindan un camino o protocolo a realizar para poder implementar el Lean Manufacturing. Estos tres pilares son la eliminación de los desperdicios, la mejora continua de la productividad y la calidad y la implicación del personal a las metas y el respeto por el trabajador. La eliminación de los desperdicios puede abordarse desde la filosofía Kaizen, mientras que la mejora de la productividad y la calidad pueden abordarse desde el control total de calidad y la filosofía Just In Time (Yarasca & Soler, 2016).

4.1.1.2 Kaizen

También conocida como metodología del mejoramiento continuo busca aumentar la productividad en los procesos de las empresas. La etimología de la palabra proviene de la unión de dos conceptos: Kai=cambio y Zen=mejorar, que, a través de una acumulación gradual y continua de pequeñas mejoras hechas por todos los empleados, tiene como objetivo alcanzar una cultura de cambio constante para evolucionar hacia mejores prácticas.

El Kaizen es un proceso de mejora que, sin importar la dimensión o el tamaño del proceso, siempre va en la dirección de los objetivos Lean o, en otras palabras, la eliminación de los residuos. La filosofía Kaizen no se limita a la erradicación, sino que tiene la importante tarea de localizar la raíz del problema (Barraza et al., 2012).

4.1.1.3 Control total de la calidad

Según Torres y Pineda (2006), el control total de la calidad se establece como una estrategia para asegurar el mejoramiento continuo de la calidad. Es un programa para asegurar la continua satisfacción de los clientes o usuarios finales mediante el desarrollo permanente de la calidad del producto y sus servicios, concepto que involucra la orientación de la organización a la calidad manifestada en sus productos, servicios, desarrollo del personal y contribución al bienestar general.

4.1.1.4 Just In Time (JIT)

El Just In Time o Justo a tiempo reconoce los costos que implican el almacén de inventarios, por lo que busca que tanto las materias primas como los productos terminados se almacenen en el menor tiempo posible y exista una eficiente rotación. El sistema Just In Time (JIT) surge para evitar problemas de inventario y ayuda a crear una cultura de uso correcto de los recursos, es una herramienta que permite crear procesos de producción que reducen el tiempo de espera desde el origen de las materias primas o desde que se procesan los materiales y se hace un pedido en el almacén, hasta el momento en que un producto está listo para ser entregado. Un sistema pull o justo a tiempo (JIT) promueve un flujo de material rápido mediante la aplicación de varias técnicas sencillas, como la técnica Kanban (Mouaky et al., 2019).

4.1.2 Principios del Lean Manufacturing

Son 7 los principios de la filosofía del Lean Manufacturing que toda empresa debe aplicar si desea mejorar su sistema productivo (Andreu, 2021). Estos principios son muy básicos y se resumen en:

Hacerlo Bien a la primera: Implica alcanzar el logro de no tener defectos en los productos realizados, para ello hay que detectar rápidamente el problema que esté generando defectos en la cadena productiva y solucionarlo desde el origen, además de realizar controles preventivos para evitar los defectos.

Excluir Actividades que no añaden valor: Se trata de suprimir todo lo que implique y suponga un despilfarro o desperdicio de recursos y que no agregue ningún valor añadido al producto o a la experiencia de cliente.

Mejora Continua (Kaizen): Mejorar constantemente la calidad de los productos y servicios, así como reducir los costos y aumentar la eficiencia y la productividad.

Procesos Just In Time: Busca que tanto las materias primas como los productos terminados se almacenen en el menor tiempo posible y exista una eficiente rotación. El sistema Just In Time (JIT) surge para evitar problemas de inventario y ayuda a crear una cultura de uso correcto de los recursos,

Flexibilidad: Es la capacidad de poder generar cambios rápidos en la producción y de realizar ajustes para, por ejemplo, producir diferentes tipos de productos y ajustarse con exactitud a las cantidades.

Colaborar con los proveedores: tener la capacidad de generar redes y acuerdos estratégicos de largo plazo con los proveedores de tal manera que esto ayude a reducir los riesgos en el suministro y reduzca los costos en el largo plazo.

Cambio de Enfoque de Venta: Desde el punto de vista Lean Manufacturing, al cliente se le aporta una solución y no un producto o servicio. Esta filosofía tiene que ser única para toda la organización.

4.1.3 Elementos Conceptuales Necesarios para implementar el Lean.

En cuanto a los elementos conceptuales necesarios para la implementación del Lean Manufacturing se encuentran el control visual, Heijunka, Jidoka, Mantenimiento Total Productivo, Ciclo Deming y control de despilfarros.

4.1.3.1 Control Visual

El control visual o Andon (japonés) es uno de los elementos principales de la filosofía Lean. Este elemento permite el control, vigilancia y monitoreo de diferentes procesos lo cual posibilita la obtención de información de manera inmediata con la finalidad de tomar decisiones que permitan mejorar los procesos dentro de la empresa. Por lo tanto, el control visual busca identificar posibles peligros y situaciones de emergencia sobre el capital fijo, los procesos, posibles riesgos de seguridad, riesgos para la calidad de los productos, entre otros (Socconini, 2019).

4.1.3.2 Heijunka.

El Heijunka es un término japonés que hace referencia a la suavización o nivelación de la producción o, en otras palabras, a la búsqueda de una configuración que permita que la producción se adapte al nivel de demanda; por lo cual se reducen los impactos y riesgos causados por las variaciones y volatilidad de esta, evitando la sobreproducción y la insuficiente producción. Para ello, el sistema de producción debe ser muy flexible, por lo que resulta necesario que, basados en la información y la logística ágiles, se utilice un sistema de flujo fundamentado en el jalonamiento, y se precisa también contar con una producción que sea flexible y ajustable rápidamente a la necesidad en número de unidades o cantidades específicas (Garay et al., 2009).

4.1.3.3 Jidoka

Consiste en la prevención de errores en las diferentes fases del proceso rediseñando operaciones, protocolos, métodos y equipos, para evitar, en la medida de lo posible, errores humanos durante el proceso de producción. También se refiere al control y la inspección frecuente para identificar riesgos y errores, buscando así mejorar en última instancia la calidad. El concepto está muy relacionado con la sistematización y automatización de procesos repetitivos que pueden ser realizados mecánicamente mediante la aplicación de tecnología; con ello se busca reducir los

errores humanos y defectos, además de destinar a las personas tareas y procesos que requieran una mayor complejidad cognitiva y generen un valor agregado mayor (Dinas et al., 2009).

4.1.3.4 Valor Agregado

El valor agregado refleja el valor generado por la producción de bienes y servicios, y se mide como el valor de la producción menos el valor del consumo intermedio. El valor agregado también representa el ingreso disponible para las contribuciones de trabajo y capital al proceso de producción.

4.1.3.5 Flujo continuo del proceso

El flujo continuo es un método Lean que le permite mover un solo producto a través de cada paso de su proceso en lugar de agrupar elementos de trabajo en lotes. El método se llama así porque te permite enviar mercancías al mercado de forma continua.

4.1.3.6 Estandarización

En la industria, el desarrollo y la aplicación de estándares que permiten grandes series de producción de componentes que pueden adaptarse fácilmente a otras partes sin ajuste. La estandarización permite una comunicación clara entre la industria y sus proveedores, un costo relativamente bajo y una fabricación basada en piezas intercambiables. Un estándar es aquello que ha sido seleccionado como modelo con el cual se pueden comparar objetos o acciones.

4.1.3.7 Customer Pull

El concepto Customer Pull se refiere a la estrategia de atracción es una técnica utilizada para atraer al cliente hacia los objetivos de la empresa, en lugar de impulsar su negocio al cliente, la estrategia de atracción implica el uso de tácticas de atracción, o la comunicación de información, para atraer al cliente.

4.1.3.8 Mantenimiento Total Productivo “TPM”

El mantenimiento total productivo o Total Productive Maintenance (TPM) básicamente se refiere a la optimización del tiempo, con ello se busca utilizar tiempo muerto, ocioso o

improductivo en alguna tarea que mejore la eficiencia. El objetivo principal del TPM es mejorar en cuanto a confiabilidad y disponibilidad de los equipos y también la reducción de la variación en la utilización y funcionamiento de estos, buscando aprovechar al máximo las capacidades de los equipos; esto se logra mediante el mantenimiento automático y a través de la aplicación de 5S. (Garay et al., 2009).

4.1.3.9 Ciclo Deming

El ciclo de Deming o ciclo PDCA fue un concepto creado por Walter A. Shewhart y consiste básicamente en una estrategia que busca la mejora continua de la calidad mediante la aplicación de 4 fases (planificar, hacer, verificar, actuar). El ciclo Deming permite a las empresas mejorar de manera integral en calidad y en competitividad, así como en los productos y servicios prestados. La mejora de la calidad se basa especialmente en la reducción de costos, los controles y vigilancia de los procesos, la optimización de la productividad, la reducción de los costos de producción, la aplicación de tecnología, la optimización del tiempo y la disminución de los defectos y riesgos. (Grados & Obregón, 2016).

4.1.3.10 Despilfarros o mudas

Es normal que a lo largo de la cadena de producción se generen desperdicios, desde el momento en que se recibe la orden del cliente hasta que esta se despacha. Los desperdicios se clasifican o dividen en 8 según Ohno (1988), la sobreproducción, tiempos de espera o tiempos ociosos, desperdicios durante el transporte o transporte excesivo, procesos, inventario, movimientos y defectos de fabricación. El objetivo se centra, por lo tanto, en reducir los desperdicios que terminan generando sobrecostos en tiempo, dinero y recursos que finalmente terminan encareciendo el costo de fabricación y aminorando las utilidades de la empresa. Otros autores como Socconini (2019), clasifican los desperdicios en 7 grupos: sobreproducción, Muda de sobre inventario, productos defectuosos, Muda de transporte de materiales y herramientas, Muda de transporte de materiales y herramientas, tiempos de espera y movimientos innecesarios.

4.1.3.11 Sistema de participación del personal

El sistema de participación del personal es la capacidad de trabajar con otros y ayudar a otros a alcanzar su máximo potencial y alcanzar los objetivos compartidos. Además, la participación del personal es una de las habilidades más deseables que un empleador puede buscar en sus empleados, la razón principal por la que esta cualidad es tan importante en el lugar de trabajo es que genera confianza entre los compañeros de trabajo y aumenta la productividad y hace que sus empleados sean eficientes, además ayuda a fomentar un sentido de comunidad dentro del lugar de trabajo y crea más oportunidades de capacitación y progreso.

4.1.3.12 Calidad en la Fuente

La teoría de calidad de la fuente asegura que no haya desperdicio en la producción de un proyecto, los residuos se refieren a todos los procesos improductivos, herramientas, empleados, etc. Todo lo que sea improductivo y no agregue valor a un proyecto debe ser eliminado, por esa razón el proceso de calidad de la fuente también es llamado proceso de eliminación de desperdicios o cero defectos.

4.1.3.13 Trabajadores Polivalentes

La promoción de trabajadores independientes se refiere a la facilidad para que los trabajadores desarrollen la capacidad de desarrollar múltiples tareas y responsabilidades haciendo seguimiento o enfocándose en una tarea en especial, también conocido como multitasking el poder gestionar múltiples tareas a la vez aumenta la capacidad y productividad de los trabajadores lo cual beneficia a las organizaciones.

4.1.3.14 Sentido de Pertenencia Empresarial

El sentido de pertenencia empresarial está relacionado con la identificación de todos los colaboradores y especialmente los empleados y gerentes de una empresa con los objetivos, valores, misión y visión de esta, el sentido de pertenencia empresarial está relacionado también con el apoyo, esfuerzo y un mayor compromiso de todas las personas que componen la empresa en procura de alcanzar los objetivos y tomar las decisiones más pertinentes y acorde con la necesidad empresarial, los trabajadores con mayor sentido de pertenencia están más comprometidos con

generar un esfuerzo extra para la empresa que está sobre la media y que genera mejores resultados tanto para los trabajadores como para la organización, también permite una mejor experiencia del cliente y un entorno laboral más productivo y seguro.

4.1.4 Herramientas antecesoras del Lean Manufacturing

Existen varias herramientas prácticas y sencillas que son la base para la implementación del Lean Manufacturing. Estas sencillas herramientas se han convertido en métodos relevantes y ampliamente utilizados en varios cambios de investigación, en lo concerniente a la identificación de problemas. El primero es el diagrama Ishikawa o espina de pescado y el segundo es el diagrama de Espagueti.

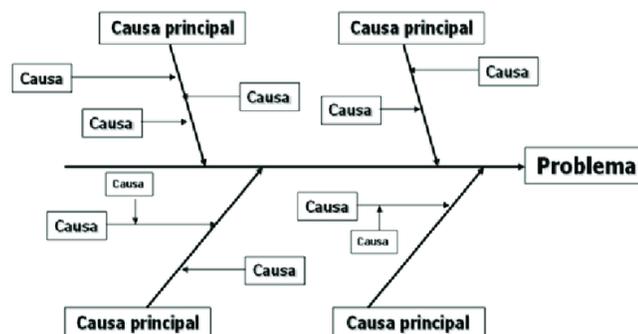
4.1.4.1 Diagrama de Ishikawa

El diagrama de causa o efecto o Ishikawa permite, de manera gráfica, identificar y analizar factores que intervienen en la calidad de un producto, este diagrama busca determinar la causa o subcausas de un problema central que se desea analizar y corregir (González & De Jesús, 2014).

Debemos aclarar que este diagrama no es en sí mismo una herramienta para resolver un problema, sino simplemente para identificarlo o explicarlo de manera tal que se permitan reconocer fácilmente las causas de este, a fin de que se implementen estrategias que permitan corregirlo de raíz, desde sus diferentes causas o subcausas (González & De Jesús, 2014).

Figura 8

Diagrama Ishikawa o de Causa Efecto



Nota. Adaptado de "Proyectos Agropecuarios de Investigación y Desarrollo" (p.48), por J.L Alpízar, 2017, Ediciones UTM.

4.1.4.2 Diagrama de Espagueti

El diagrama de Espagueti consiste en la representación gráfica de los diferentes movimientos realizados por los operarios en su puesto de trabajo. El gráfico busca identificar el orden más lógico para configurar los puestos de trabajo de manera óptima, segura y ergonómica para los operarios, buscando la eficiencia al reducir tiempos de desplazamiento y facilitando la comodidad y las condiciones óptimas de trabajo para los empleados (Gonzalez & De Jesus, 2014). El diagrama espagueti mide las distancias, lugares y las veces en que se desplaza cada operario a lo largo de su jornada laboral y, como se mencionaba anteriormente, permite planear una configuración más óptima de los espacios de trabajo.

4.1.5 Herramientas del Lean Manufacturing

A lo largo del tiempo se ha venido implementando la filosofía Lean Manufacturing en muchas más empresas, a su vez se han venido creando diferentes herramientas que permiten incrementar la producción reduciendo desperdicios, utilizando menos recursos y mejorando la calidad. La implementación de las herramientas del lean Manufacturing busca alcanzar tres objetivos: la rentabilidad, la competitividad y la satisfacción de los clientes.

4.1.5.1 Value Stream Mapping (VSM)

El VSM es una herramienta que permite identificar los desperdicios a lo largo de la cadena productiva, es un modelo que representa gráficamente la cadena de valor y ofrece una visión global del proceso productivo y permite entender de mejor forma cuál es el flujo de materiales a lo largo de la cadena productiva. Su objetivo es plasmar gráficamente todas las actividades productivas en donde se pueden generar desperdicios a lo largo del proceso (despilfarro de materiales, tiempo o actividades que no agregan valor al cliente) (Romero, 2021).

4.1.5.2 Cinco eses (5S)

Las cinco eses o 5S consiste en una filosofía que abarca buenas prácticas y promueve la mejora continua de los hábitos en la organización. El objetivo principal de las 5S es la promoción de la calidad, los cambios en el comportamiento de la organización y de las personas, mejorando el ambiente laboral y reduciendo las actividades que no generan valor o que son ineficientes, así

como malos hábitos en la producción. Otro de los objetivos de las 5S es la reducción de desperdicios, actividades que no generan ningún tipo de valor, la mejora en la seguridad y en la Eficiencia y Calidad (Silva, 2009).

Las 5s fueron implementadas buscando mejorar la asignación de recursos, así como la organización en el trabajo, también adoptando una cultura empresarial en donde se consideren aspectos humanos. 5s representa 5 disciplinas y también se define como una herramienta de gestión que busca establecer un ambiente de calidad dentro de la empresa creando metas, cumplimiento de normativas y fomentando una mejora continua mediante la eficiencia y la productividad al tiempo que mejora el flujo de trabajo de manera flexible.

4.1.5.3 Single Minute Exchange of Die “SMED”

Según Ferradás y Salonitis (2013), SMED es un enfoque científico para la reducción del tiempo de preparación que se puede aplicar en cualquier fábrica a cualquier máquina, asimismo se refiere también a una teoría y técnicas para realizar operaciones de preparación en menos de diez minutos.

Los sistemas de cambio SMED brindan soluciones de cambio rápido de herramientas o preparación de equipos que pueden mejorar todos los elementos de cualquier proceso de fabricación, disminuyendo considerablemente el tiempo de inactividad y haciendo que el equipo sea más eficaz (Godina et al., 2018).

4.1.5.4 Poka-Yoke

Según el mismo pilar, los equipos o sistemas deben tener mecanismos para detectar defectos y que conduzcan a la identificación y erradicación de errores. Estos mecanismos se conocen como Poka Yoke y un trabajador debe ser responsable de múltiples equipos y operaciones, por lo que debe procesar la capacidad de detener el proceso una vez que algo no normal aparece en el proceso, o cuando surge un problema (Liker & Hoseus, 2008).

4.1.5.5 Kanban

Consiste en un sistema de control y programación de manera sincronizada de la producción que ayuda al crear un mejor flujo de materiales, se analiza la cantidad de materiales, los medios en

que se va a transportar y como se va a transportar para optimizar la configuración más óptima mediante el sistema Kanban que a su vez utiliza el control de la producción y la mejora de procesos. El sistema Kanban también es visto como un sistema de información y una herramienta lean que tiene como objetivo disminuir todo tipo de desperdicio que no ofrece ningún valor en un proceso productivo (Mouaky et al., 2019).

Utilizando un sistema Kanban, se pide a los procesos predecesores que suministren después de que los componentes ya están en uso, lo que hace más fiable la producción y evita el exceso de producción. Kanban significa una etiqueta o tarjeta y representa un documento que contiene todas las instrucciones para ensamblar un artículo. De este modo, el proceso predecesor está vinculado y funciona como la estantería y el cliente final como el siguiente proceso. El sistema Kanban permite que cada estación evite fallos o excesos de materiales, buscar mano de obra polivalente, estimular los procesos de mejora continua y la reducción de residuos.

4.1.5.6 Jidoka

Es uno de los cimientos del sistema de producción de Toyota, a menudo emulado, permite a los empleados identificar y tomar medidas rápidamente para corregir problemas en cualquier etapa de un proceso. No solo hace que una organización sea eficiente, sino que también ayuda a crear una mayor aceptación de los empleados para la mejora de procesos.

Es también conocida como “autonomización”, es una forma de garantizar la calidad en la fabricación y el desarrollo de productos. Si se detecta un error, le ayuda a asegurarse de mantener su tiempo, puede automatizar las dos primeras etapas, mientras que las otras dos generalmente requieren un esfuerzo manual, por esta razón, muchos lo llaman 'automatización inteligente' o 'automatización con un toque humano'.

Jidoka sigue siendo parte del proceso Lean para muchas empresas, promueve la participación de todos los empleados, sin importar su puesto y cargo, Jidoka se ubica entre las mejores herramientas y conceptos Lean prácticos que pueden funcionar no solo en la planta de fabricación, sino en todo tipo de procesos.

4.1.5.7 Manufactura Celular

La fabricación celular es un concepto estrechamente relacionado con la fabricación ajustada y comparte muchas de las mismas ideas, sin embargo, aborda el proceso de producción de una manera más sistemática y desglosada, intentando deconstruir el producto en piezas que se pueden producir discretamente en una secuencia.

Es un concepto popular en muchas fábricas que se esfuerzan por lograr una producción rápida hoy en día, y se puede emplear fácilmente a pequeña y gran escala por igual. Hay varios diseños de uso común que pueden ser apropiados en diferentes circunstancias y, en su mayoría, determinan la forma de la cadena de fabricación. El beneficio clave de una celda diseñada correctamente es que reduce el espacio de piso, reduce los retrasos y las transferencias dentro del flujo de valor y mejora la comunicación entre los pasos del proceso.

4.1.5.8 Método A3

Es un método formulado para resolver un problema y documentar los diferentes pasos de ese proceso, también se usa para cosas como informar el estado de un proyecto y proponer cambios en una política, como muchas cosas asociadas con la fabricación ajustada, Toyota creó el A3 en Japón como parte del Sistema de producción de Toyota (TPS). Por supuesto, ahora se usa ampliamente en todo el mundo, al igual que la manufactura esbelta en general.

El método de resolución de problemas A3 proporciona una forma simple, lógica y formulada para resolver un problema y comunicarlo a los compañeros de trabajo. Otros buenos beneficios del proceso A3 son que está organizado y se enfoca en los objetivos, obliga al redactor del informe A3 a ser conciso y ceñirse a lo que es verdaderamente crítico, finalmente, es algo fácil de enseñar a los empleados y hacer que lo completen por su cuenta.

4.1.5.9 Yamazumi

En japonés significa "apilar", un gráfico de él es aquel que muestra el tiempo de ciclo de cada tarea en un paso del proceso que se muestra como un gráfico de barras apiladas, es una herramienta para visualizar el tiempo de ciclo de la máquina y del operador para evaluar el rendimiento, también es un buen indicador de la variación entre las estaciones de trabajo que hacen lo mismo, las variaciones, o mura en japonés, dan como resultado muda o desperdicio en forma de

retrasos y exceso de inventario, fue utilizado desde el principio por empresas de fabricación de automóviles, como Toyota, para sus actividades de equilibrio de línea y optimización del flujo de trabajo.

4.1.5.10 Overall Equipment Effectiveness (KPI)

En la fabricación, la eficacia general del equipo (OEE) es un KPI que representa la productividad general de una máquina. OEE compara el rendimiento de una máquina con su capacidad relativa, lo que da como resultado una métrica de puntaje para una ejecución programada específica. Los fabricantes generalmente consideran que OEE es una de las medidas más críticas para medir la eficiencia de las máquinas y equipos industriales.

4.2 Lean Logistics

Lean Logísticas o la logística esbelta de la cadena de suministro ha tomado un papel cada vez más protagónico en las empresas y en la competitividad de estas, aspectos como la gestión del abastecimiento pasan a jugar un papel más determinante en las economías de mercado, la logística esbelta busca la eficiencia logística disminuyendo costos innecesarios y optimizando los procesos productivos, la logística esbelta busca además amoldar el nivel de producción de la empresa a las variabilidades y fluctuaciones de la demanda de modo que cuando exista una disminución de la demanda sea posible recortar la mayor cantidad de gastos innecesarios y capacidad ociosa, otro de los problemas generalmente abordados por la Lean Logistics es el manejo de inventarios y la gestión óptima del abastecimiento (Mesa & Carreño, 2020).

4.2.1 Logística

El concepto de logística ha tenido una creciente transformación en las últimas décadas, ya que originalmente se limitaba a la ejecución de actividades operativas, es decir, que sus procesos se enfocaban solo a la entrega del producto final a los clientes, en reducir los costos asociados a el transporte y la planificación de entrega. En la figura 9 se puede observar cómo ha sido su evolución en los últimos años, y a partir ella se concluye que la logística ya no es considerada como algo adicional, sino que se le ha otorgado un valor mucho más importante en las organizaciones, puesto

que ahora se concibe como un todo ya que es un área de las empresas que tiene relación con todos los departamentos.

Figura 9

Periodos de la concepción de la función logística

Periodo	Concepción de la función logística
1901 - 1964	Primeras aproximaciones al estudio de la función logística
1969 - 1978	Desarrollo de la logística integral enfocada al cliente
1980 - 1995	Desarrollo de la función logística como variable de diferenciación competitiva
1995 - 2004	Desarrollo de la función logística como variable generadora del valor logístico
2005 - Actualmente	Administración de la Cadena de Suministro

Nota. Adaptado de Servera-Francés

Con lo anterior se logra definir a la logística como un área de las organizaciones cuyos objetivos son planificar, dirigir, implementar y detectar oportunidades de mejora dentro del proceso de flujo de materiales, servicios que normalmente opera en actividades de aprovisionamiento, suministro, distribución y satisfacción del cliente final. Es importante resaltar que la logística hace parte de un proceso de la cadena de suministro, donde dicha cadena empieza en los proveedores de los proveedores y en el usuario o cliente final.

4.2.2 Procesos logísticos

Servicio al cliente, este es uno de los procesos más importantes ya que abarca actividades como la recepción de pedidos de los clientes y conocer el nivel de satisfacción de ellos con su compra. En este proceso se logra identificar cuáles son las necesidades que los clientes tienen y de qué forma desean ser satisfechos.

Gestión de los inventarios, los inventarios son uno de los activos más importantes en la logística, resulta indispensable identificar cuánto y en dónde se deben almacenar. Una buena gestión de inventarios permite satisfacer a los clientes con los productos que ellos requieran, puesto que una vez proyectada la demanda, se identifican qué acciones se deben llevar a cabo para lograr satisfacerla.

Compras o suministro, en este proceso se tiene como objetivo gestionar y fomentar un mejor relacionamiento con los proveedores. No se trata simplemente la acción de comprar, sino que implica una estrategia que se adapte a una correcta relación con ellos, entendiendo que no todos los proveedores tienen la misma categoría. De igual forma en este proceso se logra identificar las cantidades a adquirir y en qué momento hacerlo.

Transporte y distribución, se debe identificar cuál es el mejor medio de transporte para llegar a los distintos puntos de distribución o al cliente final, siempre enfocándose en minimizar los costos y seguir satisfaciendo las necesidades del cliente. De igual forma busca determinar cuál es la mejor ruta de distribución dependiendo del medio de transporte seleccionado.

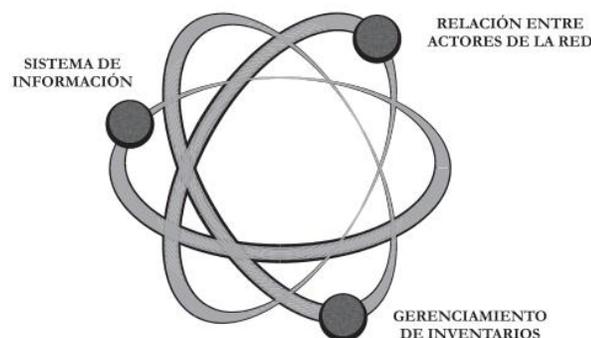
Almacenamiento, consiste en la preservación adecuada de la mercancía, en qué condiciones se conserva el producto o qué nivel de protección se debe tener para evitar pérdidas.

4.2.3 Factores foco de la logística

Los factores foco de la logística se evidencian en la figura expuesta a continuación, y son considerados los vectores fundamentales del cambio hacia la nueva estrategia de una gestión integrada (Gómez, Carro & González, 2012).

Figura 10

Factores foco de la logística



Nota. Adaptado de “Logística empresarial” por Gómez, Carro Paz & González, 2012, apunte de estudio.

En la figura anterior, los sistemas de información hacen referencia a los factores clave que permiten el desarrollo de la logística, donde abarcan sistemas de soporte de decisiones (DSS). Allí

se incorpora información de bases de datos de la organización con el fin de mejorar la toma de decisiones. Gracias a los sistemas de información es posible obtener información en tiempo real, que en el caso de los procesos logísticos corresponden al estado de las entregas, el rastreo de los pedidos, entre otros datos que permiten lograr la satisfacción de los clientes.

Ahora bien, cuando se habla del gerenciamiento de inventarios se hace referencia a la gestión de los almacenes, es decir, de los productos que se encuentran almacenados ya sean materias primas o productos en proceso, por lo que es preciso contar con información en tiempo real sobre el estado y disposición de los artículos almacenados. Finalmente, con respecto a la relación entre actores de la red, es importante mencionar que cuando se habla de “red logística” se hace referencia a todas las actividades y recursos asociados al flujo y la transformación de bienes y servicios; desde el estado inicial hasta su respectiva entrega. De esta forma, una correcta relación entre los actores de la red permite un eficiente funcionamiento de los procesos logísticos.

4.3 Herramientas del Lean Manufacturing empleadas con mayor frecuencia en los procesos logísticos

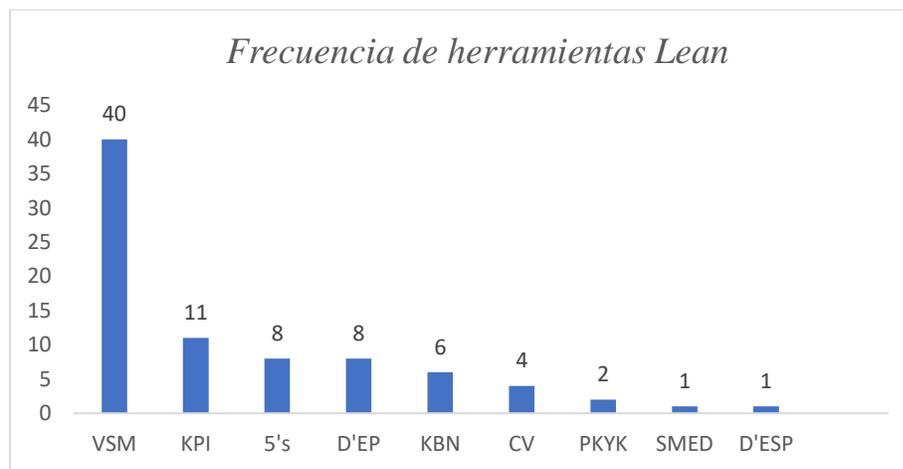
Después de realizar el respectivo análisis y lectura de los documentos empleados para la realización de la presente investigación, se identificaron las herramientas Lean usadas en cada uno de ellos y la forma como fueron aplicados en los procesos logísticos. Lo anterior, se evidencia en el Apéndice B, el cual cuenta con 3 columnas que constan de: nombre del artículo, herramientas empleadas en el respectivo documento y una breve explicación de la forma como se emplearon las herramientas; en la columna de herramientas aplicadas, algunos documentos tienen el siguiente símbolo “-” lo cual significa que no se lograron identificar herramientas empleadas en él. Ahora bien, se decidió abreviar el nombre de cada una de las herramientas empleadas en los documentos estudiados, con el fin de hacer más sencillo su análisis. Lo anterior, se indica en la tabla 2.

Tabla 2*Códigos asignados a las herramientas Lean*

Abreviatura	Nombre
VSM	Value Stream Mapping
KPI	Overall Equipment Effectiveness
5's	5's
KAI	Kaizen
CV	Control visual
KBN	Kanban
SMED	SMED

Abreviatura	Nombre
D'ESP	Diagrama de Espaguetti
PKYK	Poka Yoke

A continuación, se observa la figura 11 que permite analizar la frecuencia de la implementación de las herramientas del Lean Manufacturing en los documentos analizados. De ella, es posible concluir que el instrumento más empleado en los procesos logísticos es el VSM y la que tiene la frecuencia más baja es la herramienta D'ESP.

Figura 11*Frecuencia de herramientas Lean empleadas en la presente investigación*

Ahora bien, se plantea realizar un análisis de cada herramienta mencionada en la figura 11 para abordar de manera más amplia la forma en que han sido adaptadas a los procesos logísticos. Dicho análisis se realiza a continuación, siguiendo el orden de la gráfica anterior:

Value Stream Mapping, es una metodología de producción ajustada que Rother y Shook popularizaron en 1999 (Rother & Shook, 1999). Dado que el concepto Lean se aplicó originalmente en la industria manufacturera, los primeros estudios relacionados con esta herramienta se centraron en las teorías y los procedimientos prácticos utilizados en los procesos de producción. Sin embargo, diferentes empresas e investigadores interesados por los impactantes resultados del VSM en el sector manufacturero y la efectividad de la metodología, han venido implementando esta herramienta en otros sectores para lograr mejoras en la productividad. La revisión de literatura realizada demostró que el VSM es la herramienta más usada en los procesos de la logística, ya que permite mapear de manera general toda la cadena de suministro o algunos procesos que hacen parte de dicha cadena como lo son procesos de transporte, suministro, distribución, entre otros. De igual forma, en la literatura estudiada se evidenció que a través del Value Stream Mapping fue posible identificar las actividades que agregan y que no agregan valor dentro del estado actual de los procesos logísticos mapeados y que, posteriormente, gracias a la construcción del VSM del estado futuro, se logra construir un estado ideal de los procesos.

Las herramientas y procedimientos Lean que brindan suposiciones de estado futuro, como el VSM, necesitan técnicas avanzadas para ser medidas, cuantificadas, analizadas y validadas, con el fin de lograr la cuantificación dinámica y la visualización del estado futuro de un mapa de flujo de valor en los procesos logísticos. Lo anterior, se ha logrado mediante diferentes herramientas de apoyo al VSM como lo es la simulación de eventos discretos (DES) (Abideen & Mohamad, 2021b). Modelo de MATLAB para capturar la estructura del sistema representado en el VSM (Villarreal et al., 2016). Modelos conceptuales detallados para los estados actuales y futuros, y por último, modelos de simulación CVS y FVS: CVS para modelar las políticas actuales y el FVS para simular las configuraciones de la empresa bajo las prácticas lean (Mahfouz & Arishav, 2013).

Overall Equipment Effectiveness, es una herramienta que permite medir el rendimiento de distintos procesos, actividades y máquinas. Originalmente fue usada en procesos de manufactura como un indicador para calcular la eficiencia de los equipos y actualmente se ha venido implementando en la gestión de almacenes y de transporte. En cuanto a la gestión de almacenes, OEE no representa el rendimiento real, y es solo otra herramienta lean que podría aplicarse para un proceso logístico específico, pero no como un KPI de almacenamiento global

(Freitas et al., 2019). De esta forma, Buonamico et al. (2017), propusieron un KPI llamado Esbeltez Global del Almacén (WGL) el cual se calcula teniendo en cuenta siete indicadores que miden diferentes aspectos importantes en el almacén. La tabla 3 expone el nombre de cada indicador y su objetivo en la gestión de un almacén Lean. Para lograr un correcto análisis, se emplearon las funciones difusas, con el objetivo de cuantificar los indicadores propuestos de forma sencilla.

Tabla 3

KPIS para medir el nivel Lean en el almacén

<i>KPI</i>	<i>Objetivo</i>
Esbeltez global del almacén (WGL)	Medir el nivel del Lean en el almacén
Justo a tiempo (JIT)	Medir las entregas a tiempo de los suministros y la confiabilidad de los proveedores de servicios logísticos.
Eliminación de residuos (WE)	Mida los niveles de inventario y la precisión de ellos.
Perfección, cero defectos y calidad (PZQ)	Capturar cada etapa en la vida de un pedido.
Aplicación de herramientas Lean (LT)	Medir es el grado de aplicación en los almacenes de las herramientas lean.
Equipos multifuncionales y empoderamiento (TE)	Medir el rendimiento del equipo de trabajo lean
Mejora continua (CI)	Maximizar el número de empleados involucrados en los equipos de mejora
Administración de suministros (SM)	Medir la gestión de los proveedores

Nota: Adaptada de “A new fuzzy logic-based metric to measure lean warehousing performance” (p.7), por Buonamico et al., 2017, Taylor & Francis.

Otra adaptación que tuvo el OEE fue en el sector del transporte con la medición de Efectividad General del Vehículo (OVE) propuesta originalmente por Simmons et al., (2004). Similar a la estimación de OEE, se calcularon los factores de eficiencia de disponibilidad, rendimiento y calidad y se multiplicaron para producir una tasa de porcentaje general de OVE. Esta medida convirtió las pérdidas de OEE de operaciones de fabricación a operaciones de transporte (Villarreal et al., 2017).

5'S, es una herramienta que permite mejorar procesos y lugares, principalmente, a través de 5 principios. En el almacén, las 5'S se han implementado de diferentes formas y una de ellas es mediante el etiquetado de colores al recolectar elementos, para que sea más fácil clasificarlos. De igual forma, se ha evidenciado en los diferentes documentos estudiados que esta herramienta facilita la eliminación de desperdicios en el almacén, considerando sus diferentes fases (clasificación, orden, limpieza, estandarización y disciplina) y centrando su análisis en la segunda S, la cual corresponde al orden (Nuñez-Castaneda et al., 2019).

La implementación de las 5'S ha creado una mayor participación y sentido de responsabilidad por parte de los empleados, logrando incrementar su motivación en el lugar de trabajo (Freitas et al., 2019). Lo anterior se justifica desde una perspectiva metodológica y práctica, porque la aplicación de esta herramienta genera espacios de trabajo más ordenados, lugares señalizados y eliminación de movimientos innecesarios, logrando un mejor ambiente laboral.

Kanban, se puede definir Kanban como un sistema de gestión de inventario por turnos en una empresa, cuyo objetivo principal es controlar el nivel máximo de inventario en el sistema de producción a través de un número específico de tarjetas Kanban (Pekarcikova et al., 2020). La integración del concepto tradicional del Kanban con los avances de la tecnología 4.0, han dado lugar al desarrollo de la herramienta E- Kanban, cuya función es rastrear a través de una señal electrónica la cantidad de material que ha sido consumido, optimizando el control y flujo de materiales e información, además de agilizar los tiempos de entrega al reemplazar las tarjetas Kanban por códigos de barras (Pekarcikova et al., 2020).

Es importante, además, resaltar la aplicación de esta herramienta Lean en la gestión de la cadena de suministro del cuidado de la salud, ya que favoreció la reducción de desperdicios para

los sistemas de pedido de medicamentos para hospitales, aumentando la agilidad y reduciendo el tiempo de entrega del sistema (Khorasani et al., 2017). El objetivo del estudio mencionado es observar cómo la modificación del tamaño del lote y el uso de un sistema Kanban (como herramienta lean) podría resultar en la reducción de desperdicios para los sistemas de pedido de medicamentos.

4.4 Herramientas antecesoras del Lean Manufacturing que fueron empleadas en los procesos logísticos.

Diagrama de Ishikawa o Espina de Pescado (Causa-Efecto), es una herramienta antecesora del Lean Manufacturing que se centra en identificar los problemas de calidad a través de un análisis de las causas que pueden generar un conflicto. Este mecanismo se aplicó en un caso de estudio de una empresa farmacéutica que buscaba reducir los costos de distribución. Se evidenció que la implementación de esta herramienta fomenta el trabajo en equipo puesto que, para la elaboración del diagrama de Ishikawa, las personas involucradas en las etapas fueron partícipes de una sesión de lluvia de ideas con el fin de identificar la causa de las principales quejas y reclamos en los envíos de las muestras de dicha empresa. Lo anterior permitió mejorar la productividad de esta empresa farmacéutica líder, disminuyendo los costos de distribución y reduciendo el ciclo del proceso (Rocha et al., 2013).

El diagrama de Ishikawa también se empleó en un estudio que buscaba minimizar el tiempo de despacho de vehículos en una planta de alambre de acero. Esta herramienta se apoyó del Diagrama de Pareto para identificar las actividades involucradas en el proceso de despacho de vehículos y su incidencia (Zuting et al., 2014).

Diagrama de Espaguetti, permite representar de forma gráfica los flujos de materias, personas e información dentro de los sistemas. Es una herramienta que, al ser implementada en los procesos logísticos, proporciona un mejor apoyo en la toma de decisiones al agregar más detalles a los mismos, fomentando la mejora de los sistemas a través de la organización de tareas. En un caso de estudio que buscaba mejorar la logística interna en el sistema de producción de un bus, la aplicación del diagrama de espaguetti representó los movimientos durante las operaciones

de recolección y almacenamiento de los materiales. También se analizaron los movimientos del personal del almacén durante las actividades de almacenamiento y limpieza (Mourato et al., 2020). Esto permitió identificar las áreas con mayores movimientos que representan una oportunidad de mejora para recortar distancias, mejorar tiempos de respuestas y reducir los riesgos de accidentes.

4.5 Herramientas que no han sido incorporadas de manera amplia en los procesos logísticos

Anteriormente se analizaron las herramientas Lean que han sido más usadas en los procesos logísticos, ahora, se dará una breve explicación de aquellas que obtuvieron una baja frecuencia puesto que no han sido implementadas de manera amplia y se sugieren posibles aplicaciones de ellas en las actividades logísticas.

Control Visual, es una herramienta que tuvo una baja participación y aplicación en la mejora de los procesos logísticos. A continuación, se mencionarán algunos autores que implementaron el CV en sus estudios. Abideen y Mohamad (2021), mencionan la aplicación del CV mediante identificación de imágenes por radiofrecuencia (RFID), luces Andon y sensores de inteligencia artificial (IA) para reducir el uso de recursos y minimizar los retrasos en la cadena de suministro. Así mismo, la integración de este instrumento logró agilizar los procedimientos de recepción y clasificación de materiales.

El CV fue empleado en el sector de la salud en el proceso de inspección de calidad mediante etiquetas de colores. Esta metodología permitió identificar si los medicamentos cumplían con una prueba de calidad positiva o no. Por tal motivo, se emplearon las etiquetas amarillas para las pruebas positivas y verdes para las pruebas negativas (Vostriakova et al., 2021). El CV es una herramienta que podría generar grandes impactos en los procesos logísticos como lo es en el proceso de almacenamiento y gestión de inventarios, para disminuir desperdicios en la búsqueda de materiales y para mantener el almacén señalizado y organizado.

Single-Minute Exchange of Die, la aplicación de esta herramienta no ha tenido gran impacto en los procesos logísticos, por ende, no hay información suficiente de su aplicación. Kusrini y Parmasari (2020), realizaron una investigación en un puerto en Indonesia, en la cual la herramienta SMED fue la protagonista en el estudio para reducir el movimiento innecesario en

procesos totalmente logísticos del puerto. La aplicación del método SMED logró reducir el tiempo de configuración para aumentar la productividad en el flujo de proceso que ocurre en la empresa.

Poke Yoke, es una herramienta versátil que puede generar impactos positivos y reducir la susceptibilidad a errores en los procesos logísticos, pero no ha tenido gran acogida e interés en los investigadores. Se deben crear procesos logísticos tolerantes a fallas que logren identificar a tiempo los errores y se proceda a su respectiva eliminación. Con la ayuda del enfoque Poka-Yoke, los errores generados en los procesos logísticos (errores de recolección de materiales, almacenamiento, distribución o suministro incorrecto) pueden ser visibles justo en el punto de origen. Klug (2015), realizó una investigación en la cual aplicó la herramienta PKYK en la industria automotriz en el área de abastecimiento mediante un estante “pick-by-light”, la cual consiste en una luz de señalización para mostrar al trabajador la posición exacta de extracción de materiales en el área del almacén y en cuanto es retirada la pieza, hay una señal que le informa al operario si alcanzó la inadecuada. Su aplicación podría ser ampliada a partir de la preparación de pedidos para su distribución mediante el “pick-by-light” para indicar de manera visual los productos que hay que recoger y en qué cantidad, contribuyendo a la eliminación de errores en la entrega de pedidos incompletos o incorrectos.

4.6 Herramientas aplicadas a cada proceso logístico

A lo largo de la investigación, se evidenció que las herramientas lean fueron implementadas en determinados procesos logísticos, ya que gracias a su versatilidad fue posible adaptarlas a las diferentes industrias (como se muestra en Apéndice D). Para hacer más entendible el estudio de su aplicación en los procesos logísticos, se le asignó un respectivo código a cada proceso como se puede observar en la tabla 4. Además, cabe señalar que la cadena de suministro (CS) fue considerada como un proceso en la presente investigación. Se decidió tenerla en cuenta de manera individual, pero se aclara que en la CS están incluidos los demás procesos que se muestran en el presente gráfico.

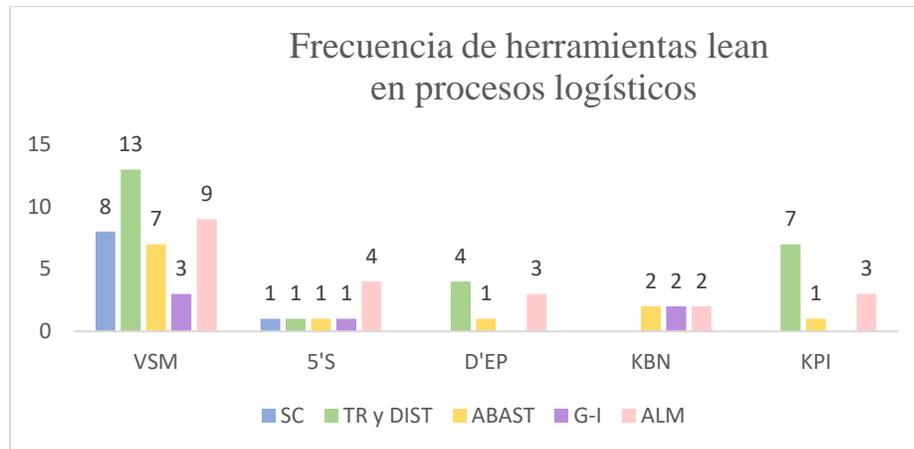
Tabla 4*Código asignado para cada proceso logístico*

<i>Proceso</i>	<i>Código</i>
Cadena de suministro	SC
Transporte y Distribución	TR y DIST
Abastecimiento	ABAST
Gestión de inventario	G-I
Almacenamiento	ALM

En el apéndice C se designó una columna para el análisis específico de cada herramienta en cada documento. En dicho apéndice, se puede evidenciar el proceso en el que se emplea la herramienta, el propósito y el foco de ella. Este análisis se realizó con las herramientas que tuvieron mayor frecuencia e impacto en los procesos logísticos como lo fueron VSM, 5'S, KPI, Kanban, y D'EDP, logrando aportar información valiosa para futuros investigadores que deseen aplicar los instrumentos Lean en la logística, ya que se explica detalladamente el aporte que cada documento dio en la implementación de diferentes enfoques dentro de los procesos logísticos. En este apéndice, se encuentran celdas en blanco de algunas columnas, ya que no fueron aplicadas en el documento correspondiente, de igual forma, si en alguna casilla se encuentra el siguiente símbolo “-” significa que no se logró identificar de manera clara la información pertinente a esa casilla. Ahora bien, con el fin de analizar de una manera visual y más sencilla la frecuencia de las herramientas en la implementación en los procesos logísticos se tiene la figura 12. En ella se puede observar la frecuencia que tuvo el uso de cada herramienta en cada proceso, además se concluye que el proceso de transporte y distribución es el que tuvo mayor interés en la utilización de las herramientas lean por los autores estudiados, y una vez más, se puede concluir que el mecanismo que tuvo mayor impacto e interés en su aplicación fue el VSM, aplicado a todos los procesos estudiados. Ahora bien, en el próximo capítulo se hablará de la forma como estas herramientas se aplicaron a cada proceso.

Figura 12

Frecuencia de herramientas Lean en procesos logísticos



5. Cambios efectuados en la aplicación de las herramientas del Lean Manufacturing en los procesos logísticos

Este capítulo tendrá como objetivo Analizar la forma en que fueron adaptadas las herramientas clásicas de Lean Manufacturing en los procesos logísticos.

5.1 Comparación entre las herramientas Lean entre su enfoque original la manufactura y el objetivo de estudio, la logística.

A continuación, se realizará una comparación entre las herramientas lean desde su enfoque original, la manufactura, y el objetivo de estudio que es su adaptación en la logística. La manufactura y la logística tienen enfoques diferentes, la primera se dedica a transformar la materia prima y convertirla en un producto en específico y, por otro lado, la logística que se encarga de los procesos de recepción, coordinación, gestión y transporte de los productos finales desde el lugar de distribución hasta el cliente final. De esta forma, se considera necesario exponer cómo se han adaptado estas herramientas y de qué forma se han implementado mediante un cuadro comparativo sobre cada una de las herramientas Lean. Primeramente, se efectuará dicha comparación con las herramientas que a lo largo del estudio se concluyó que tienen mayor impacto e interés en su aplicación dentro de la logística.

En la tabla 5 se exponen las comparaciones entre la aplicación del VSM en la manufactura y la logística; de ella se puede concluir que el VSM se aplica en todos los procesos logísticos y de manera general, mapeando la cadena de suministro o de forma individual en cada proceso.

Tabla 5

Comparación de la herramienta VSM entre el Lean Manufacturing y Lean Logistics

<i>VSM</i>	
<i>Lean manufacturing</i>	<i>Lean logistics</i>
<i>¿Dónde es aplicada?</i>	<p>En iniciativas de gestión asociadas análisis y reducción del Lead Time de un proceso productivo.</p> <p>En toda la cadena de suministro o en procesos que hacen parte de ella como, abastecimiento, distribución, almacenamiento.</p>
<i>¿Cuál es su propósito?</i>	<p>Identificar alternativas de mejoramiento y reducción de tiempos del proceso productivo</p> <p>Identificar actividades que no agregan valor en la cadena de suministro con el fin de reducir el tiempo de procesamiento de pedidos, entregas a los clientes y demás procesos logísticos.</p>
<i>¿Cuál es el foco de análisis?</i>	<p>El flujo de información y/o de materiales/productos a lo largo del ciclo del servicio (desde que el cliente hace un pedido, durante su procesamiento, hasta que el producto es entregado al cliente).</p> <p>El flujo de información y/o de materiales/productos a lo largo del ciclo del servicio (desde que el cliente hace un pedido, durante su procesamiento, hasta que el producto es entregado al cliente).</p>

En la tabla 6 se encuentran las comparaciones pertinentes de la adaptación de la herramienta OEE/KPI entre la manufactura y la logística. A partir de ella es posible concluir que puede ser aplicada en todos los procesos logísticos de transporte y almacenamiento. Una vez transformada, pasó de medir el rendimiento de las máquinas de producción a medir la eficiencia de los vehículos de transporte y el rendimiento en el almacén.

Tabla 6

Comparación de la herramienta OEE/KPI entre el Lean Manufacturing y Lean Logistics

<i>Overall Equipment Effectiveness/KPI</i>		
	<i>Lean manufacturing</i>	<i>Lean logistics</i>
<i>¿Dónde es aplicada?</i>	En cada máquina que hacen parte del proceso productivo.	En procesos de almacenamiento y transporte.
<i>¿Cuál es su propósito?</i>	Monitorear la eficiencia de las máquinas.	Medir el rendimiento y desempeño del almacenamiento y de los vehículos de transporte.
<i>¿Cuál es el foco de análisis?</i>	Eficiencia/productividad de los equipos.	Eficiencia de las actividades logísticas.

La siguiente tabla presenta las comparaciones que se han realizado anteriormente, pero con la herramienta 5's; la cual originalmente se aplicó sólo en la planta de producción para mantenerla ordenada y limpia, ahora, en la logística se trasladó hacia áreas como el almacén de materiales, se empleó también en otras áreas y procesos, solo que tuvo mayor impacto y frecuencia en el almacén. Se mantiene el mismo propósito de mantener el lugar de trabajo limpio y ordenado.

Tabla 7

Comparación de la herramienta 5'S entre el Lean Manufacturing y Lean Logistic

<i>Cinco eses</i>		
	<i>Lean manufacturing</i>	<i>Lean logistics</i>
<i>¿Dónde es aplicada?</i>	En cada Estación de trabajo de un taller de producción y en las áreas compartidas del taller/fábrica.	En el almacén de materiales.
<i>¿Cuál es su propósito?</i>	Mejorar la eficiencia operativa del proceso de producción despejando, ordenando y manteniendo limpias las áreas de trabajo por donde circulan los materiales y productos fabricados.	Mantener y mejorar el orden y la limpieza en el almacén, brindando mejores condiciones de trabajo.
<i>¿Cuál es el foco de análisis?</i>	Desorden y suciedad en Estaciones de Trabajo y áreas del taller.	Desorden y suciedad en el almacén.

El Diagrama de Ishikawa, o Espina de Pescado ha sido implementado en las cadenas productivas con el fin de mejorar la calidad de los procesos productivos. En los procesos logísticos, como se evidencia en la tabla 8, el enfoque de esta herramienta se ha transformado al reducir las mudas de transporte, las fallas en el almacén y el Layout de las organizaciones.

Tabla 8

Comparación de la herramienta D'EP entre el Lean manufacturing y Lean Logistics

<i>Diagrama de Ishikawa</i>		
	<i>Lean manufacturing</i>	<i>Lean logistics</i>
<i>¿Dónde es aplicada?</i>	En entornos de producción	En el proceso de transporte de pedidos, almacén, distribución y despacho de vehículos.
<i>¿Cuál es su propósito?</i>	Identificar los problemas que reducen la calidad en los procesos de producción	Detectar la causa raíz de los altos costos de transporte y retraso de pedidos e identificar el problema y demás problemas presentes en los procesos logísticos.
<i>¿Cuál es el foco de análisis?</i>	La calidad.	Muda de transporte, fallas en el almacén e incorrecto Layout.

De la tabla 9 es posible deducir que, al trasladarse a la logística, la herramienta Kanban es aplicada en la gestión de pedidos, inventario y almacenamiento con el fin de eliminar los movimientos innecesarios durante los diferentes procesos logísticos y llevar un seguimiento de los materiales extraídos del almacén.

Tabla 9*Comparación de la herramienta KBN entre el Lean Manufacturing y Lean Logistics*

KANBAN		
	<i>Lean manufacturing</i>	<i>Lean logistics</i>
<i>¿Dónde es aplicada?</i>	Entre 2 estaciones de trabajo consecutivas	Gestión de pedidos, inventario y en la división de emisión de almacenamiento temporal.
<i>¿Cuál es su propósito?</i>	Regular y mantener balanceado la cantidad de unidades de producción	Aumentar la agilidad y reducir el tiempo de entrega del sistema.
<i>¿Cuál es el foco de análisis?</i>	El flujo ordenado, nivelado y controlado de los productos que transitan a lo largo del proceso de producción	Seguimiento de los artículos en cada estación y evitar movimientos innecesarios del inventario.

Ahora bien, es importante realizar un análisis de aquellas herramientas que hasta el momento no han sido aplicadas de una manera amplia como las que anteriormente mencionamos. Siendo así se consideran como mecanismos importantes y que tendrían un impacto positivo en los procesos logísticos y, por tal motivo, se procede a realizar una comparación de ellas en lo que sería la transición del enfoque de la manufactura a la logística, desde el punto de vista de las autoras.

En la tabla 10 se exponen las comparaciones realizadas anteriormente, ahora con la herramienta Control Visual (CV), de ella se puede concluir que la aplicación se traslada de la planta de producción a las áreas que componen el almacén, su propósito sigue siendo el mismo en el sentido de crear ese efecto de manera visual que logre disminuir errores y accidentes, y su foco cambia ya que no se pretenden evitar pérdidas en producción, por el contrario, se busca mantener el almacén ordenado y evitar accidentes de tipo humano.

Tabla 10*Comparación de la herramienta CV entre el Lean Manufacturing y Lean Logistics*

Control Visual		
	Lean manufacturing	Lean logistics
¿Dónde es aplicada?	En la planta de producción	En las áreas que componen el almacén de materiales.
¿Cuál es su propósito?	Crear un efecto de visualización inmediata de estatus, identificando e impulsando acciones para eliminar problemas de producción.	Mantener alertados a los operarios del almacén sobre lugares de alto riesgo, señalar las áreas de recepción de materia prima, y mantener señalizados los procesos logísticos en general.
¿Cuál es el foco de análisis?	Información que de valor añadido que ponga en evidencia las pérdidas en la producción.	Los errores ocasionados por falta de comunicación y señalización en el almacén.

La tabla 11 expone las comparaciones realizadas anteriormente ahora con la herramienta Poka Yoke, de ella se puede afirmar que se mantiene la misma metodología para su aplicación solo que ahora se enfoca a los procesos que abarcan la logística, se considera más específicamente en procesos de almacenamiento y preparación de pedidos.

Tabla 11*Comparación de la herramienta PKYK entre el Lean Manufacturing y Lean Logistics*

Poka Yoke		
	Lean manufacturing	Lean logistics
¿Dónde es aplicada?	En estaciones de trabajo con el fin de reducir el número de artículos defectuosos debido a errores humanos	En procesos de almacenamiento, abastecimiento y en la preparación de los pedidos.
¿Cuál es su propósito?	Evitar que se produzcan artículos defectuosos ocasionados por errores de tipo humano.	Controlar y evitar que se cometan errores de tipo humano en la organización del almacén.
¿Cuál es el foco de análisis?	Los defectos de los productos debidos a errores humanos	Los defectos tipo humano en la organización y suministros de los materiales y la preparación de pedidos.

En la tabla 12 se realizó la misma metodología de las comparaciones, ahora con la herramienta SMED, de ella se puede deducir que su aplicación se traslada a procesos logísticos en el área del almacén, como lo son la recepción de pedidos y la preparación de ellos para su entrega final, ya que son los que toman mayor tiempo de alistamiento. Otra diferente es en su enfoque ya que se trasladó del tiempo de alistamiento de las máquinas al tiempo de alistamiento requeridos para los procesos logísticos mencionados anteriormente, porque en su mayoría no requiere máquinas si no el alistamiento del lugar de trabajo y de los pedidos.

Tabla 12

Comparación de la herramienta SMED entre el Lean Manufacturing y Lean Logistics

<i>Single-Minute Exchange of Die</i>		
	<i>Lean manufacturing</i>	<i>Lean logistics</i>
<i>¿Dónde es aplicada?</i>	Centros de trabajo que poseen tiempos de alistamiento de máquinas muy altos.	Procesos en la recepción de pedidos y en la preparación de ellos en el almacén.
<i>¿Cuál es su propósito?</i>	Reducir el tamaño de los lotes de transferencia entre Estaciones de Trabajo y de paso disminuir la cantidad de artículos que se almacenan en las bodegas de producto terminado.	Reducir el movimiento innecesario mediante combinación de actividades como recolectar bienes y clasificar artículos en una sola actividad.
<i>¿Cuál es el foco de análisis?</i>	El tiempo de Alistamiento de las máquinas.	Reducción del tiempo de configuración.

En su enfoque original, el Diagrama de Espagueti se aplicaba en el proceso de producción con el fin de identificar las interacciones entre las diferentes etapas del proceso. A partir de la tabla 13 se concluye, que, adaptado a la logística, el Diagrama de Espagueti busca identificar y representar los movimientos efectuados durante el almacenamiento, la limpieza y la recolección de materiales.

Tabla 13

Comparación de la herramienta D'ESP entre el Lean Manufacturing y Lean Logistics

<i>Diagrama de Espaguete</i>		
	<i>Lean manufacturing</i>	<i>Lean logistics</i>
<i>¿Dónde es aplicada?</i>	En el proceso de producción.	En el almacén.
<i>¿Cuál es su propósito?</i>	Identificar los residuos e ineficiencias en el proceso de producción, con el fin de mejorar la calidad del proceso.	Representar los movimientos del personal durante las operaciones de recolección, limpieza y almacenamiento de materiales y componentes.
<i>¿Cuál es el foco de análisis?</i>	Las diversas etapas e interacciones entre cada fase del proceso de producción.	Identificar las áreas de mayores movimientos y proponer mejoras para recortar distancias.

Ahora bien, las autoras realizaron un cuadro que permite comparar y evidenciar las diferencias existentes en la realización de proyectos lean enfocados a la manufactura y en la logística basados específicamente en la literatura estudiada que permitió recopilar información importante para definir las etapas de la implementación de un proyecto Lean Logistics. Lo anterior se presenta en la figura 13 la cual se puede evidenciar a continuación.

Figura 13

Cuadro comparativo de las fases para la implementación de proyectos Lean en la manufactura y proyectos Lean en la logística



De la figura presentada anteriormente, se puede concluir que los proyectos Lean tradicionales migraron a la logística, dejando atrás herramientas que no pueden ser aplicadas en los procesos logísticos como lo es la manufactura celular, pero manteniendo el mismo enfoque de la filosofía Lean clásica “La mejora Continua”. En este sentido, se emplean la mayoría de las herramientas clásicas con algunas variaciones y adaptaciones que ya fueron mencionadas anteriormente, pero el enfoque sigue siendo el mismo pasando de identificar necesidades en la producción a necesidades en la logística.

5.2 Herramientas Lean que aún no han migrado a los procesos logísticos.

A lo largo de la investigación se han mencionado las herramientas lean que han migrado de la manufactura a la logística, como se evidencia en la figura 11, de ella se puede concluir que no todos los mecanismos del Lean Manufacturing han sido empleados en procesos logísticos. De esta forma, las autoras pretenden aportar algunas sugerencias sobre el impacto que podría tener la aplicación de esas herramientas que no aún no han migrado a la logística, así como la posibilidad

de emplearlas o no en los procesos logísticos. Dichas herramientas son: Formato A3, Celdas de Fabricación, Jidoka y Yamazumi.

Formato A3 es una de las herramientas de las cuales hasta el momento no se encuentra información sobre lo que sería su aplicación en la logística, se considera una técnica versátil ya que puede ser aplicada en cualquier tipo de organización e industria. Es una herramienta que generaría un impacto positivo en la logística ya que permitiría a los equipos de gestión de proyectos de Lean Logistics, obtener una visión clara y sintetizada de la situación o del problema que se pretende evaluar. El formato A3 está encaminado a la filosofía lean de la mejora continua y pretende resumir el Ciclo Deming PDCA, herramienta que ya se ha mencionado anteriormente pues ha sido aplicada en la elaboración de proyectos de Lean Logistics. El formato A3 permitiría a los equipos de proyectos de filosofía Lean Logistics tener un orden lógico de lo que se pretende hacer, evidenciar cual es el problema, las causas y dar un seguimiento de lo que se está realizando en las empresas para analizar si es justo lo que se tenía planificado.

Celdas de fabricación es un concepto de Fabricación en el que la distribución de la planta se mejora de manera significativa haciendo fluir la producción ininterrumpidamente entre cada operación, reduciendo drásticamente el tiempo de respuesta, maximizando las habilidades del personal y haciendo que cada empleado realice varias operaciones (Socconini, 2019). Es una herramienta totalmente ajustada al proceso de producción, que busca ordenar los procesos de forma secuencial; de esta forma, se considera que es una herramienta que no podría implementarse o ajustarse en procesos logísticos ya que tiene características solo de procesos de manufactura, y las actividades logísticas requieren del movimiento de personal y no sigue un flujo continuo como en las líneas de producción.

Jidoka o también conocido como Verificación de Procesos, es una herramienta del Lean Manufacturing que busca dar solución a los problemas en el momento en que se producen, con el fin de disminuir la cantidad de unidades defectuosas que avanzan en el proceso. La detección de unidades defectuosas puede ser realizada a través de máquinas automatizadas o mecanismos manuales, y consta de 4 pasos fundamentales, a saber: detectar el problema, detener la producción

(manual o automática), dar solución inmediata al problema, investigar y solucionar la causa del problema.

El objetivo principal de esta herramienta es impedir que un defecto pase al proceso siguiente, atacando las mudas de los defectos y los tiempos de espera. El concepto de Jidoka, junto con sus 4 pasos fundamentales pueden ser aplicados a los diferentes procesos logísticos. Enfocándose no en la eliminación de errores en producción, por el contrario, la eliminación de errores en la preparación de pedidos. Solo basta con localizar cualquier falla o error y detener por completo las actividades (se brinda la oportunidad a todos los colaboradores de que sean conscientes del error y participen en la solución de este) para finalmente, llegar a la causa del problema y realizar las correcciones necesarias. De esta manera, se evita que el producto incorrecto, en el caso del proceso de distribución, sea entregado al cliente final.

Yamazumi es un diagrama de barras apiladas cuya función es representar y planificar la capacidad realizada en un proceso. Esta herramienta visual permite identificar el estado del sistema productivo de forma rápida. Yamazumi es un mecanismo apropiado para ser empleado en los procesos de manufactura puesto que representa el tiempo de producción, las paradas planificadas y las pérdidas (paradas no planificadas). Sin embargo, es posible aplicar esta herramienta al proceso de distribución tras efectuar una serie de adaptaciones consideradas por las autoras.

Como se mencionó anteriormente, para la construcción del Diagrama Yamazumi en el sector manufactura, debe tenerse en cuenta el tiempo planificado de producción, las paradas planificadas, el tiempo de ciclo (Cycle Time) y el tiempo de pérdidas. Adaptando estos parámetros al proceso de distribución, por lo cual se obtiene que el tiempo planificado de distribución corresponda a la porción del tiempo estimado para distribuir la mercancía, dentro del tiempo real disponible. En las paradas planificadas se considera el tiempo estimado de llenado de combustible del vehículo, orden, limpieza y ajustes menores. El tiempo de ciclo resulta equivalente al tiempo de distribución, es decir, aquel que transcurre en el proceso de entrega del producto al cliente final. Y finalmente, el tiempo de pérdidas comprende todos aquellos imprevistos o paradas no planificadas en el proceso de distribución, que incluyen acontecimientos impredecibles como ausencia de trabajadores, accidentes, fallas mecánicas en los vehículos, tiempo excesivo en la carga de mercancía, tráfico, entre otros.

Con esta información, es posible elaborar el gráfico Yamazumi, y proceder con la toma de numerosas acciones relacionadas a la planificación de rutas, el rediseño de procesos, la formación y evaluación del personal, entre otros. Estas decisiones deben estar fundamentadas en el propósito de la filosofía Lean, es decir, en la reducción de las mudas.

5.3 Adaptación de herramientas del Lean Manufacturing a los procesos logísticos

En el capítulo anterior se ilustró la frecuencia de la aplicación de herramientas Lean en procesos logísticos, ahora, se pretende mencionar cada proceso y la forma como la filosofía Lean ha migrado a ellos.

La siguiente figura representa la adaptación de las herramientas Lean al ser aplicadas en los procesos logísticos. La herramienta Value Stream Mapping (VSM) adoptó el nombre de Purchasing Value Stream Mapping (PVSM), Transportation Value Stream Mapping (TVSM) y Warehousing Value Stream Mapping con el fin de ser implementada en los procesos de abastecimiento, transporte y almacenamiento, respectivamente. Por otra parte, el KPI Overall Equipment Effectiveness (OEE) fue aplicado en el proceso de abastecimiento con el nombre de Warehousing Overall Equipment Effectiveness (WOEE) y en el proceso de transporte requirió de dos adaptaciones: la primera como Overall Vehicle Effectiveness (OVE) y finalmente Total Operational Vehicle Effectiveness (TOVE). Los cambios mencionados serán explicados posteriormente de una manera más detallada.

Figura 14

Adaptación de herramientas Lean en los procesos logísticos



Almacenamiento, los almacenes representan un elemento clave en la cadena de suministro. Frazelle (2002), menciona que el almacén desempeña un papel primordial en el éxito o el fracaso de las empresas, siendo una de las actividades logísticas más importantes y críticas en los sistemas industriales y de servicios (Buonamico et al., 2017a). Este proceso obtuvo la mayor frecuencia en el uso de herramientas Lean, como se ilustra en la figura 12. Los diferentes autores que estudiaron el Lean en este proceso lo llaman como “Lean Warehousing” (LW) o almacén esbelto a la adaptación de la filosofía lean en el almacén, el cual busca una mejor organización de los espacios, mantener la acumulación de residuos y el transporte de ellos en los lugares apropiados. En tal contexto, el almacenamiento esbelto juega un papel importante para lograr costos más bajos de las operaciones logísticas y aumentar la flexibilidad y la eficiencia en las cadenas de suministro impulsadas por la demanda de los clientes (Cagliano et al., 2018).

El almacén ajustado se caracteriza en que no puede haber cuellos de botella en procesos importantes, interrupciones en actividades que requieran flujo de material, transporte innecesario, movimientos innecesarios de trabajadores y errores de recolección. Los objetivos del LW son los mismo que en la manufactura esbelta “acelerar el flujo de material, eliminar el desperdicio y reducir el inventario” (Buonamico et al., 2017a). Sin embargo, se debe resaltar que no es lo mismo aplicar la filosofía Lean en el almacén que aplicarla en una planta de producción. Los principios siguen siendo los mismos, lo que cambia son los objetivos particulares porque los procesos específicos de los almacenes son diferentes.

La adaptación de las herramientas como lo es VSM aplicado al almacén toma el nombre de Warehousing Value Stream Mapping (WVSM), esta adaptación es sugerida por Villarreal et al. (2012). Este mecanismo incluye la descripción de varios tipos de residuos de almacenamiento relacionados con la mejora de la eficiencia como medida de rendimiento que se considera relevante en las operaciones (Villarreal et al., 2017).

Las medidas de rendimiento OEE/KPI se han trasladado de la búsqueda de la eficiencia en las máquinas al analizar la eficiencia en las operaciones de almacenamiento. La medida ahora es llamada Warehousing Overall Equipment Effectiveness (WOEE) y tiene en cuenta el tiempo total del calendario en lugar del tiempo de carga que es considerado en el OEE original basado en los procesos de producción.

Los resultados esperados del LW se pueden resumir como velocidad y flujo mejorado (García, 2004), lo que significa flujo de materiales y organización de trabajo más eficiente, mejora de la productividad, estandarización de procesos, calidad en las operaciones, tiempo de entrega y transporte reducidos, así como mejoras en la cadena de suministro.

La figura que se presenta a continuación corresponde a un resumen de lo que es el proceso para la implementación de la filosofía Lean en el almacén (LW), lo anterior basado en los documentos que las autoras investigaron sobre esta metodología.

Figura 15

Metodología para la implementación de Lean Warehousing.



Transporte y distribución, según la filosofía Lean el transporte es considerado un desperdicio, sin embargo, desde una perspectiva fuera de la producción, como en el caso de la presente investigación que es la logística, es una actividad necesaria para entregar los productos finales a los clientes. De hecho, el transporte puede considerarse hoy en día como un factor diferenciador que agrega valor de servicio a los clientes, partiendo desde el punto de los siete desechos de Toyota. Sternberg et al. (2013) consideraron que sólo cinco de ellos estaban presentes en el proceso, otros con exceso de inventario y transporte no se podrían tener en cuenta como un desperdicio en el transporte. En su lugar, se incluyeron dos nuevos tipos de residuos, como lo son: utilización de recursos y asignaciones no logradas. Dichas mudas se explican de una manera más amplia en la figura 16, que se presenta a continuación.

Figura 16*Mudas extendidas al proceso de transporte*

Ahora bien, la aplicación de prácticas Lean al transporte requiere métricas adecuadas para medir el desempeño de las actividades, de esta manera, Simmons et al. (2004) propusieron la medida OVE para monitorear y mejorar el desempeño del transporte, siendo una versión extendida del indicador tradicional en la producción OEE empleado para mejorar la efectividad de las máquinas. Después surgió una versión modificada del OVE sugerida por Villarreal (2012) la cual es una versión modificada conocida como Efectividad General de los Vehículos de Transporte (TOVE), que, a diferencia de las anteriores, considera el tiempo calendario total en lugar de considerar el tiempo de carga. Esto se debe a que la identificación y eliminación de residuos está relacionada con los vehículos de transporte utilizados para mover los productos (Villarreal et al., 2016).

La herramienta de Mapeo del Flujo de Valor (VSM) adaptada al transporte tomó el nombre de Mapeo del Flujo de Valor del Transporte (TVSM) el cual tiene como objetivo identificar los residuos relacionados con la eficiencia del transporte (Villarreal et al. 2012). El TVSM considera el ciclo completo de distribución desde la recolección y carga de los pedidos, hasta la descarga de las devoluciones de los productos del mercado y el cierre administrativo de la ruta. El TVSM se divide en dos partes, primero en actividades consideradas como “no en tránsito” (NIT)

correspondiente a actividades pre y post transporte y atención a clientes, y en “actividades en tránsito” (IT) referente a la distribución del producto. Para la construcción del TVSM se deben tener en cuenta las siguientes variables para su construcción, las cuales son un diferenciador en cuando al VSM original: tiempo promedio entre clientes, nivel de utilización de los camiones, distancia promedio recorrida por cliente, distancia recorrida en exceso por ruta, promedio de clientes por ruta, porcentaje de clientes no atendidos y porcentaje de devoluciones de productos (Buonamico et al., 2017a).

Compras o suministro, este proceso se encarga principalmente de la adquisición de los recursos que una empresa necesita para el desarrollo de sus actividades. El departamento o área de compras es de gran importancia, ya que es el principal gestor de reducción de costos de los bienes y/o servicios que la empresa pueda adquirir (Rodriguez & Gonzalez, 2017 como se citó en Caldas et al., 2020). Las actividades de adquisición se convierten en el núcleo de la creación de valor y beneficios para las empresas (Guzmán et al., 2018). De igual forma, se ha demostrado que la integración del proceso de compras con la gestión de proveedores mejora el rendimiento de la preparación de la cadena de suministro (Handfield et al., 2015 como se citó en Caldas et al., 2020)

Durante la revisión de los recursos bibliográficos se evidenció que, para mejorar el proceso de gestión de compras, se empleó la herramienta VSM aplicada al proceso de adquisición, tomando el nombre de Mapeo del flujo de valor de adquisiciones (P-VSM). El uso de esta herramienta permitió identificar los suministros defectuosos y los desperdicios; los retrasos, por otro lado, se pueden reducir en todas las actividades de adquisición, con el fin de crear valor en este proceso (Jing et al., 2021)

Jing et al. 2021, realizaron una aplicación de la herramienta PVSM en una empresa de fabricación en China demostrando que gracias a esta técnica se consiguió analizar todo el proceso de abastecimiento, incluida la elaboración de planes de adquisición, consulta de auditorías, transporte, inspección de materiales y clasificación. Con la combinación del PVSM del estado actual y del futuro se consiguió tomar medidas de mejora, promoviendo constantemente el Lean-Kaizen, logrando simplificar el proceso de abastecimiento utilizando ideas y herramientas Lean. De igual forma, Jing et al. 2021, proponen dos contextos primordiales para el dibujo del PSVSM los cuales se exponen a continuación.

- La información fluye: Con base en la capacidad de producción que existan en las empresas y el pronóstico de la demanda del mercado, los departamentos de compras deben realizar planes de compras, controlar el presupuesto y procesar la información financiera.
- El material fluye: La medida del flujo de material incluye el transporte de ellos desde el proveedor, la inspección de los materiales antes de enviarlos al área de almacén y su respectiva clasificación.

La figura 17 representa el flujo del proceso necesario para implementar el PVSM. En ella se puede concluir que primeramente se debe realizar un PVSM con el fin de comprender el estado actual del proceso para seguidamente proponer ideas de mejora basadas en el pensamiento Lean y elaborar el PVSM del estado futuro; además, se plantea mantener la mejora continua mediante la implementación de KPIS para medir el rendimiento de las mejoras adaptadas al proceso de abastecimiento.

Figura 17

Flujo de proceso de análisis del PVSM



También se evidenció la integración de la matriz de Kraljic con VSM para implementar cambios en la estrategia de compras, resultando en mejoras significativas en la relación entre las competencias de la cadena de suministro y el rendimiento operativo (Shah & Goh, 2021).

La gestión con los proveedores es un aspecto clave en este proceso y mediante la técnica JIT (considerada como un indicador) se logró medir las entregas a tiempo de los suministros y la confiabilidad de los distribuidores (Buonamico et al., 2017b).

Gestión de inventarios, el nivel de complejidad o atención de este proceso depende del sector al que se esté aplicando, por ejemplo, en el sector farmacéutico es una de las tareas críticas en una cadena de suministro, pues requiere cuantiosas inversiones y una gestión adecuada de los

medicamentos puesto que está asociada a la vida humana. De igual forma, esto sucede en la industria alimentaria, pues los productos son perecibles y una mala gestión de los inventarios puede traer consigo grandes pérdidas. Asimismo, el control de inventario es una de las áreas críticas en el desarrollo de una logística inversa exitosa, siendo necesaria para coordinar de manera efectiva el flujo de retorno de productos y piezas con el avance de la producción (Chen et al., 2010).

A lo largo del análisis de los documentos se evidenciaron aspectos importantes que contribuyeron a la literatura sobre lo que sería una gestión de inventarios esbelta. Lo anterior se basaría en 5 principios presentados en la figura 18. Estos cinco principios permiten adaptar el proceso de gestión de inventarios bajo una filosofía Lean, basándose en la implementación del sistema Pull y la filosofía JIT, y así favorecer a la reposición de materiales para mantener siempre el nivel de inventarios necesario y justo.

Figura 18

Principios para la implementación de una gestión de inventario esbelta



La herramienta VSM ha sido implementada en la gestión de inventario con el fin de visualizar el flujo de información y el flujo de materiales en el inventario de piezas. Con base en el estado actual se logra identificar los problemas en este proceso. Uno de ellos es que el inventario está siendo almacenado más tiempo del estimado (Chen et al., 2010). Una variación del enfoque

original del VSM es la implementación de nuevas medidas cuantitativas como la cantidad de días en inventario y el costo de mantenimiento del inventario (Valverde et al., 2018).

De igual forma, la herramienta Kanban es una técnica útil que puede ser empleada en la cadena de suministro para mejorar la visibilidad y el control de inventario, puesto que además de incrementar su previsibilidad y estabilidad, también refuerza la capacidad de respuesta de la cadena de suministro (Kniberg, 2009). Mouaky et al. (2019) realizaron un estudio en una cadena de suministro farmacéutica que tenía un inventario de varios escalones (un producto pasa por muchos niveles antes de llegar al cliente final). Se implementó la herramienta Kanban escalonado (E-k) para obtener información exacta sobre la cantidad y el tipo de productos disponibles en el almacén, logrando también que el servicio al cliente sea más rápido ya que la cadena de suministro podría satisfacer y responder a las necesidades del cliente sin utilizar órdenes y otros documentos similares (en el caso del sector de la salud).

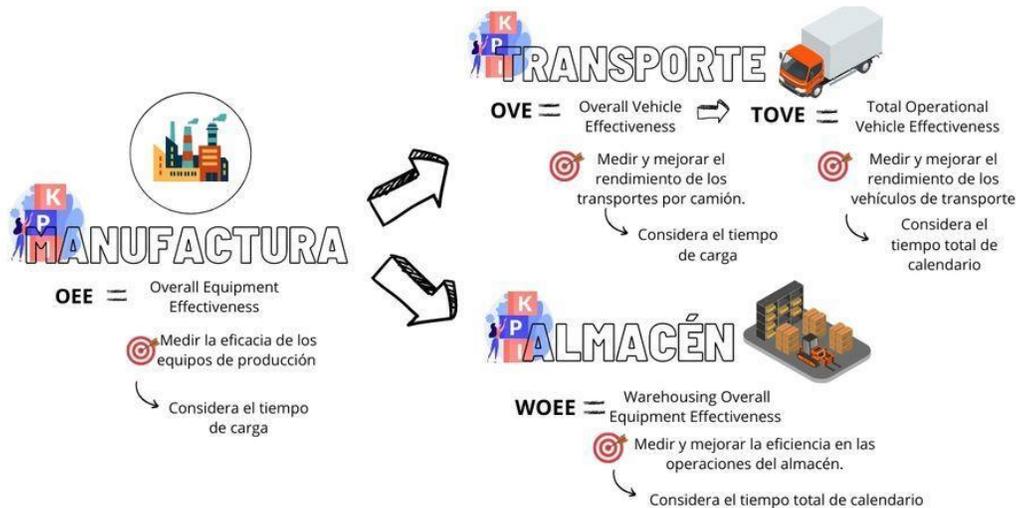
5.4 Esquema gráfico

La figura 19 representa la adaptación de la herramienta OEE para ser implementada en los procesos logísticos de transporte y almacenamiento. El enfoque original del indicador Overall Equipment Effectiveness busca medir la eficacia de la maquinaria industrial en los procesos de manufactura. Este KPI requirió de algunas adaptaciones para su aplicación en los procesos de Transporte/Distribución y Almacenamiento. Con el fin de medir y mejorar el rendimiento de los vehículos de transporte, el OEE se adaptó, en primer lugar, con el nombre de Overall Vehicle Effectiveness (OVE), considerando el tiempo de carga como una medida necesaria para el cálculo de dicho indicador. Posteriormente, adoptó el nombre de Total Operational Vehicle Effectiveness (TOVE) que, a diferencia de su antecesor, sustituyó el tiempo de carga por el tiempo de calendario. Considerando que gran parte de las industrias emplean turnos múltiples para mejorar la utilización de los vehículos, el uso del tiempo de carga (tiempo total disponible para el transporte en un período determinado) puede no reflejar la utilización real del vehículo. Esta es la razón por la cual el enfoque basado en el tiempo total de calendario es preferible a un enfoque basado en el tiempo de carga. La medida OEE también fue adaptada para analizar las operaciones de almacenamiento tomando el nombre de Warehousing Overall Equipment Effectiveness (WOEE). Al igual que en

el transporte, esta medida considera el tiempo total de calendario en lugar del tiempo de carga con el fin de medir la eficiencia en el proceso de almacenamiento.

Figura 19

Esquema adaptación de la herramienta OEE/KPI a la logística



A continuación, se evidencia la figura 20, la cual expone los procesos logísticos en los cuales el VSM original se ha adaptado, los cuales son abastecimiento, transporte, almacenamiento y gestión de inventarios, de igual forma se explica el objetivo que tiene la herramienta VSM en cada uno de los procesos, y la forma como se trasladó de la manufactura a la logística.

Figura 20

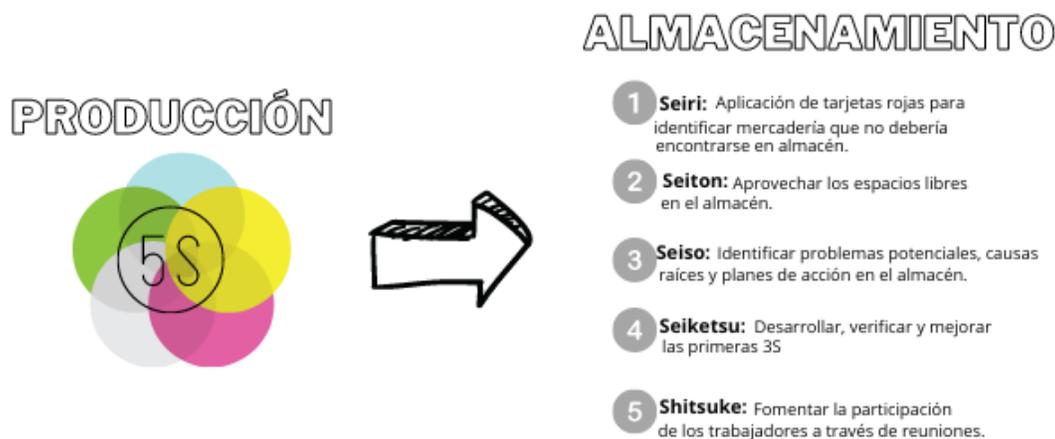
Esquema adaptación de la herramienta VSM a la logística



La adaptación de la herramienta 5'S se evidencia en la figura 21, la cual explica como cada "S" fue usada e implementada según los documentos estudiados en el proceso logístico de almacenamiento. Se puede concluir de dicha figura que la mayoría de las "S" se siguen adaptando de la misma forma, el cambio que se ve reflejado es sólo en el lugar donde se implementan, y la orientación que ahora mantienen ya que están enfocadas específicamente en aprovechar en el almacén los espacios libres, optimizando su espacio, y manteniéndolo organizado y estandarizado.

Figura 21

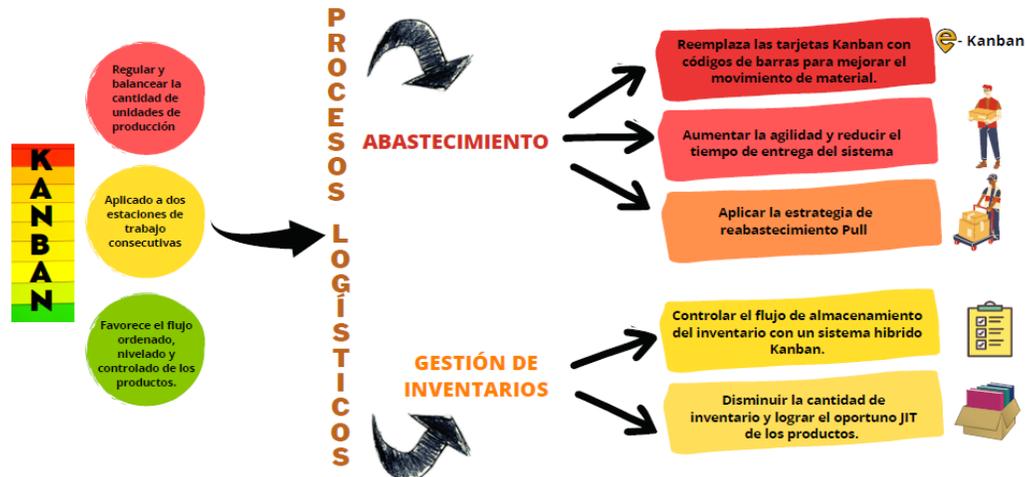
Esquema adaptación de la herramienta 5'S a la logística



La herramienta Kanban, en su enfoque original, ha sido implementada entre dos estaciones de trabajo consecutivas con el fin de regular la cantidad de unidades de producción, buscando establecer un flujo ordenado, nivelado y controlado de los productos que transitan a lo largo del proceso. La figura 22 representa la adaptación e implementación de esta herramienta en los procesos logísticos de abastecimiento y gestión de inventarios. El ajuste más relevante se dio al implementar el Kanban electrónico, una adaptación de la herramienta tradicional que reemplaza las tarjetas Kanban por códigos de barras, logrando mejorar el movimiento de material y garantizando el acceso oportuno a la información al eliminar la respuesta no oportuna debido a factores humanos.

Figura 22

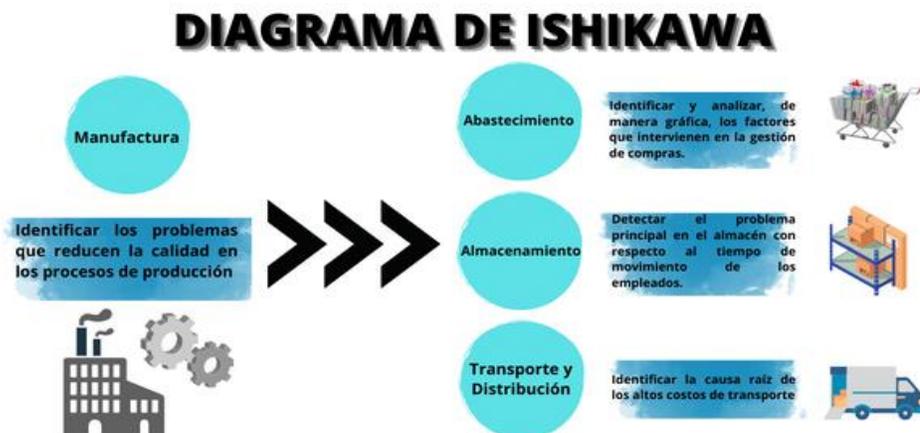
Esquema adaptación de la herramienta Kanban a la logística



El diagrama de Ishikawa aplicado en los procesos de manufactura se ha enfocado en identificar y analizar los factores que intervienen en la calidad del producto final. Su implementación en la logística ha adaptado su foco de análisis a la identificación de la causa raíz de los diversos problemas presentados en los procesos de abastecimiento, almacenamiento, transporte y distribución. La figura 23 representa la aplicación del diagrama de Ishikawa en los procesos logísticos anteriormente mencionados.

Figura 23

Esquema adaptación de la herramienta D'EP a la logística



6. Impacto de la aplicación de las herramientas Lean como estrategia de mejoramiento de los procesos logísticos.

En el presente capítulo se presentará un análisis del impacto que tuvo la implementación de las herramientas del Lean Logistics en las organizaciones de distintas industrias.

6.1 Análisis del impacto en la aplicación de herramientas Lean en las empresas

Para la realización de este ítem, los documentos recopilados a partir de las diferentes bases de datos y de la literatura gris fueron clasificados como casos de estudio o de revisión de literatura, según correspondiera. Lo anterior, con el fin de identificar aquellos que fuesen casos de estudio para analizar el impacto que tuvo la aplicación del Lean Logistics en el sector o empresa, según corresponda.

En el apéndice D se presenta el análisis del impacto identificado en cada documento y el sector al que corresponde la empresa de estudio. De dicho análisis se puede concluir que todos los casos de estudio tuvieron un impacto positivo, logrando, en la mayoría de ellos, mejorar la eficiencia de la gestión de la cadena de suministro, la satisfacción del cliente y la reducción de costos en los procesos logísticos.

En primer lugar, se analiza el proceso de abastecimiento, encargado de la adquisición de los recursos necesarios para el desarrollo de las actividades de las empresas. La herramienta VSM fue adaptada a este proceso, recibiendo el nombre de Mapeo del flujo de valor de adquisiciones (PVSM). El impacto de esta herramienta fue positivo, permitiendo analizar todo el proceso de compras, incluida la elaboración de planes de adquisición, consulta de auditorías, transporte, inspección de materiales y clasificación. De igual forma, con ella se pueden lograr objetivos orientados al cliente, puede ajustar el plan de compras en cualquier momento, reducir la posibilidad de que se desechen productos y materias primas. Una buena relación con los proveedores favorece la disponibilidad de materiales necesarios para el proceso de producción. Mediante la aplicación de la herramienta Poka Yoke, se emite una señal dirigida a los proveedores, indicando los materiales que ya han sido utilizados y la cantidad necesaria para abastecer la producción y garantizar la existencia de insumos.

En los procesos logísticos, específicamente en el proceso de almacenamiento, se evidenció que el almacén es el lugar de trabajo que presenta mayores mudas y que requiere de gran atención e implementación de herramientas Lean, ya que una optimización de esta área generaría beneficios a la cadena de suministro, puesto que permitiría un flujo de pedidos continuo, sin interrupciones, ya que el área de trabajo se encontraría organizada, bajo una filosofía JIT. En los casos de estudio enfocados en el “Lean Warehousing”, la herramienta 5’S aportó de manera significativa en la optimización de los procesos del almacén. (Freitas et al., 2019) realizaron un estudio de caso en almacén de un fabricante de autobuses donde se presentaban problemas de flujo de materiales y gestión de picking. Con la implementación de herramientas como las 5’S se logró optimizar el área disponible en la recepción, en el área de almacenamiento, disminución del tiempo de control y recolección y reducción del tiempo de trabajo, de igual forma la implementación de esta herramienta logró una participación y sentido de responsabilidad de los empleados, aumentando su motivación en el lugar de trabajo.

El impacto de la implementación de herramientas Lean en el proceso de gestión de inventarios logró mejorar la visibilidad y el control de inventario, mejora la previsibilidad y la estabilidad de los inventarios y refuerza la capacidad de respuesta de la cadena de suministro mediante la herramienta Kanban. De igual forma el VSM aportó logros significativos en el proceso de gestión de inventarios cómo visualizar el flujo de información y el flujo de materiales en el inventario de piezas. Con base en el estado actual del VSM se logran identificar los problemas en este proceso para seguidamente tomar medidas de acción para eliminar o disminuir esos problemas presentes.

Según la filosofía Lean, el transporte es considerado como un desperdicio, sin embargo, desde una perspectiva fuera de la producción, como en el caso de la presente investigación que es la logística, es una actividad necesaria para entregar bienes a los clientes. De esta forma, se consideró necesaria la aplicación de las herramientas Lean en este proceso logístico. La implementación del sistema Kanban en procesos de transporte proporcionó un beneficio estratégico, mejorando la calidad, y una base para aprovechar la innovación en las cadenas de suministro, brindando a la organización la oportunidad de alejarse de los sistemas de entrega y logística actuales hacia modelos de estrategia de logística mejorados. Otra herramienta vital en este proceso el cual proporcionó impactos positivos fue el TVSM, implementado para representar

una perspectiva del sistema y de los procesos involucrados en el transporte, el cual logró una reducción significativa en los tiempos del despacho y logrando así eliminar varios desperdicios del proceso.

Se analizaron 31 casos de estudio, los cuales en su mayoría explican detalladamente el impacto de la aplicación de herramientas Lean (Apéndice D) y aun siendo el Lean Logistics una filosofía relativamente nueva de la cual hasta el momento no se encuentra gran literatura al respecto sobre su aplicación; De esta manera, se puede concluir que es una filosofía que ha tenido gran acogida por el sector de la manufactura, pues fue la parte más interesada en implementar la filosofía Lean Logistics y que, en la situación actual, en la cual se encuentran sumergidas las industrias, se necesitan cadenas de suministro más ágiles y un área logística que busque reducir los tiempos de entrega, buenas relaciones con los proveedores, optimizar las rutas de entrega y garantizar el cumplimiento de la totalidad de los pedidos, la filosofía Lean es perfecta para lograr dichos objetivos y es algo que se evidenció en los casos de estudio analizados.

6.2 Ventajas y barreras en la aplicación de herramientas Lean en la logística

6.2.1 Ventajas

A lo largo de la investigación se identificaron una serie de ventajas sobre la aplicación de herramientas del lean en los procesos logísticos, éstas se encuentran expuestas en la figura 20, la cual se presenta a continuación.

Figura 24

Ventajas del Lean Logistics



La reducción de actividades que no agregan valor a los procesos logísticos y al cliente final mediante herramientas como 5's y VSM.

Reducción de inventario, teniendo la cantidad necesaria en el almacén gracias a la filosofía JIT, el sistema PULL y herramientas como Kanban, las cuales permiten abastecer el almacén solo cuando sea necesario y cuando se genere una alerta para realizar el suministro con aquellos materiales que fueron usados en producción. La aplicación de estas herramientas también permite mantener un nivel de inventario preciso y oportuno al aumentar la frecuencia de reposición. Resta manera, se presentan una serie de perspectivas

Reducción de tiempos, minimizando el lead-time o cycle time de los procesos logísticos a través de herramientas como 5'S y control visual, ya que gracias a ellas se mantienen los procesos estandarizados y se logra tener un lugar de trabajo organizado y señalizado con el fin de reducir tiempos en la búsqueda de materiales y demás actividades que pueden tomar más tiempo de lo de lo establecido.

Reducción de costos, ya que la filosofía Lean Logistics permite optimizar los espacios de trabajo, disminuir la trayectoria que los trabajadores deben realizar para completar sus actividades, tener el número de operarios indicados en los procesos y demás beneficios que se traducen en una reducción de costos.

Trabajo seguro, ya que permite mantener el lugar de trabajo estandarizado, buscando la seguridad del trabajador, lo anterior mediante herramientas como las 5's.

Motivación, puesto que en varios estudios se concluyó que al incluir la filosofía lean en los procesos logísticos se tradujo en satisfacción para los trabajadores, puesto que contaban con mejores condiciones para trabajar, menor tiempo y recorrido para realizar sus actividades.

Flexibilidad, ya que a lo largo del estudio se evidenció como el lean logistics puede implementarse y adaptarse en diferentes tipos de empresa como, empresas de manufactura, empresas aeroespaciales, E-Commerce, servicios militares, logísticos, entre otras. Demostrando que, aunque los procesos logísticos siguen siendo los mismos en las diferentes empresas, varían en cada una de ellas la forma como se deben manipular y cuidar los materiales y las políticas que cada empresa tenga.

Satisfacción del cliente, todas las ventajas expuestas anteriormente se traducen en el presente atributo, puesto que ellas permiten que los pedidos sean despachados y entregados en el

menor tiempo posible, buscando siempre mantener la calidad de los productos, añadiendo valor para el cliente final y entregar los pedidos en el menor tiempo posible.

6.2.2 Barreras

En el análisis de los documentos se identificaron algunas barreras expuestas por los autores en los documentos investigados, las cuales dificultan la correcta aplicación de las herramientas Lean y, por ende, la implementación de proyectos de esta filosofía en los procesos logísticos, de esta forma, a continuación, se expondrán algunas implicaciones encontradas.

El factor humano, ya que en varias investigaciones se presentaron problemas con referencia a la motivación, la capacitación y la evaluación del desempeño de los colaboradores. De igual forma, algunos tienen problemas para definir el desperdicio y la operación Lean tiene una dependencia significativa del compromiso de las personas como impulso milagroso para la transformación Lean, puesto que se requiere a un esfuerzo de aceptación del 80 % de las personas y un 20 % de equilibrio en la herramienta técnica (Shah & Goh, 2021). La adopción de una nueva filosofía implica la modificación de hábitos y, por consiguiente, un cambio cultural en las organizaciones. Esto representa un gran desafío para la alta dirección, puesto que deben combatir el impacto en el clima social generado por la preocupación y desconfianza de implementar nuevas metodologías de trabajo.

El uso limitado del pensamiento Lean en los procesos logísticos puede aludir a que no existe una comprensión clara de los beneficios sobre cómo este pensamiento puede apoyar la mejora de las operaciones logísticas (Villarreal et al., 2016). Lo anterior resulta en un aumento de la desconfianza e incertidumbre de los empleados, reflejada en la resistencia al introducir nuevas estrategias.

La falta de organización en las empresas, la no estandarización de los procesos y el desconocimiento de los datos y elementos primordiales para el entendimiento de las actividades se consideró como una barrera al momento de implementar herramientas Lean como lo es el VSM, ya que para su construcción se necesita una comprensión clara de los procesos a Mapear.

7. Resultados

7.1 Artículo de carácter publicable

El artículo se encuentra en la carpeta de apéndices con el nombre de “Apéndice A”

7.2 Análisis de los cambios

En la actualidad, uno de los grandes retos que enfrentan las empresas es el de garantizar el correcto funcionamiento de sus procesos logísticos, así como la implementación de estrategias que agreguen valor. En virtud de lo anterior, la aplicación de la filosofía Lean Manufacturing en los procesos logísticos de la cadena de suministro ha tenido un impacto positivo, considerando que su objetivo principal es asegurar que los materiales y la información se encuentren disponibles en el lugar preciso, y así brindar un mejor servicio al cliente con el mínimo costo posible. Más allá del enfoque original del Lean Manufacturing, y con base en los resultados positivos que ha tenido su aplicación; en este orden de ideas, es claro señalar que diferentes organizaciones han decidido transformar las herramientas Lean para garantizar su adaptación en los procesos logísticos, manteniendo el foco principal de esta filosofía que es la eliminación de mudas o desperdicios y mantener la mejora continua en las organizaciones.

En las diferentes fuentes de información estudiadas, se evidenció el uso de las técnicas VSM, 5S, Diagrama de Ishikawa, Kaizen, JIT y OEE en los procesos logísticos de organizaciones pertenecientes a diferentes industrias. Estas herramientas fueron adaptadas e implementadas según las necesidades de cada organización, pues la forma en que los materiales son manipulados depende de la naturaleza de cada sector.

A lo largo de la revisión de literatura, fue posible evidenciar el interés de los autores por el estudio y aplicación del Value Stream Mapping. De ahí que esta herramienta haya presentado notables adaptaciones para ser implementada en todos los procesos logísticos. Específicamente en el proceso logístico de transporte y distribución se implementó con el nombre de Transportation Value Stream Mapping (TVSM) orientada a identificar los residuos relacionados con la eficiencia del transporte, al mismo tiempo que considera el ciclo completo de distribución (desde la recolección y carga de los pedidos hasta la recolección de las devoluciones y el cierre administrativo de la ruta). En la adaptación evidente entre el enfoque original de esta herramienta y el TVSM, se evidencian las nuevas variables a partir de las cuales se construye el mapa de flujo

de valor: tiempo promedio entre clientes, nivel de utilización de camiones, distancia promedio recorrida por cliente, distancia recorrida en exceso por ruta, promedio de clientes por ruta, porcentaje de clientes no atendidos y porcentaje de devoluciones de producto.

El VSM también fue aplicado en el proceso de almacenamiento, adquiriendo el nombre de Warehousing Value Stream Mapping (WVSM). Esta herramienta incluye la descripción de diferentes residuos relacionados con la mejora de la eficiencia del almacén. Asimismo, este nuevo enfoque del VSM es empleado como medida de rendimiento en las operaciones logísticas de almacenamiento. Finalmente, el VSM fue adaptado al proceso de abastecimiento con el nombre de Purchasing Value Stream Mapping (PVSM). El uso de esta herramienta permite identificar los suministros defectuosos, los desperdicios y retrasos en todas las actividades de adquisición, con el fin de reducirlos y favorecer a la creación de valor desde el proceso logístico de abastecimiento.

La herramienta Overall Equipment Effectiveness (OEE), cuyo enfoque original está orientado a medir el rendimiento de la maquinaria empleada en los procesos de manufactura, fue implementada en el proceso logístico del transporte con el nombre de Overall Vehicle Effectiveness (OVE). Su propósito era medir la eficiencia de los transportes por camión considerando el tiempo de carga (este tiempo hace referencia al tiempo total disponible para el transporte en un período determinado). Posteriormente, se identificó que el tiempo de carga no permitía reflejar la utilización real del vehículo, por lo que la medida de rendimiento OVE fue adaptada a Total Operational Vehicle Effectiveness (TOVE). Dado que gran parte de las industrias emplean turnos múltiples para mejorar la utilización de los vehículos, esta medida sustituyó el tiempo de carga por el tiempo total de calendario, pues está demostrado que el tiempo de carga no refleja la utilización real de los vehículos.

Demás herramientas como las 5S también presentaron cambios en su adaptación, especialmente en el proceso de almacenamiento, puesto que es habitual que en el lugar en que se realizan las actividades de este proceso se presenten una serie de actividades y desechos que no agregan valor y que retrasan el cumplimiento de los pedidos como el desorden, una mala organización y un incorrecto Layout. De esta forma, el almacén representa una oportunidad para que, a través de la implementación de las 5'S, se logre una correcta organización y limpieza que permita acortar las distancias recorridas por los empleados.

Uno de los pilares del Lean Manufacturing, el JIT, fue aplicado para un nuevo modelo de distribución logística a través del suministro basado en el sistema PULL. Esta metodología trajo consigo una mejora significativa en la eficiencia de los procesos logísticos de las empresas. De igual forma, es imprescindible resaltar la importancia del uso de las herramientas antecesoras del Lean Manufacturing. Una de ellas es el Diagrama de Ishikawa, empleada por los autores estudiados para identificar la causa de los problemas en los procesos logísticos. No se evidenció una transformación en cuanto a la estructura o metodología de esta herramienta, sino que su adaptación tan solo incluye su aplicación desde una perspectiva logística. Finalmente, en el proceso de gestión de inventarios se evidenció la adaptación de la herramienta Kanban, la cual tomó el nombre de Kanban escalonado (E-k) y tiene como objetivo obtener información exacta sobre la cantidad y el tipo de productos disponibles en el inventario.

En la presente investigación se identificaron una serie de herramientas que, hasta el momento, no han sido aplicadas en los procesos logísticos. Estas son el Formato A3, Celdas de fabricación, Jidoka y Yamazumi. Basado en la opinión de las autoras, se ha determinado que no es posible aplicar el concepto de Celdas de fabricación desde una perspectiva logística, ya que esta herramienta busca ordenar los procesos de manera secuencial, sin incurrir en desplazamientos y la logística incluye actividades que no están adaptadas de manera secuencial y que, además, requieren de movimientos y desplazamientos. Sin embargo, las autoras consideran que las demás herramientas pueden ser aplicadas en los diferentes procesos logísticos. En el caso particular del Formato A3, su implementación permitiría al personal encargado de implementar proyectos Lean tener un orden lógico de lo que se pretende hacer, así como la fácil detección de problemas con sus causas y un respectivo seguimiento en el que se determine si lo que se está ejecutando es justo con lo que se tenía planificado.

Finalmente, se concluye que la adaptación de las herramientas Lean en la logística varía dependiendo del proceso en el que se encuentren aplicadas y al sector al cual pertenece la empresa que desea implementar esta filosofía. Sólo basta con realizar algunos ajustes e implementar nuevos indicadores y medidas de rendimiento adaptadas a la logística para hacer uso de las herramientas Lean.

8. Conclusiones

Al aplicar la metodología y las herramientas Lean en los procesos logísticos, se identificó que existe un esfuerzo sistemático por detectar, controlar y reducir los desperdicios y, al mismo tiempo, reducir todos los costos involucrados en el proceso.

Se logró identificar el impacto y la versatilidad que presentó la herramienta VSM, ya que se ajustó a todos los procesos logísticos y en la revisión literaria fue considerada una herramienta primordial para el inicio de la implementación de un proyecto Lean Logistics, ya que permite tener una vista amplia del proceso a analizar, así como identificar las actividades que no agregan valor, y las áreas de mejora.

En el enfoque tradicional de la filosofía Lean, el proceso de transporte es considerado un desperdicio. No obstante, se evidenció que desde una perspectiva logística este proceso abarca la distribución de pedidos a los clientes y representa una oportunidad de agregar valor. De igual forma se logró identificar que no es posible adaptar la muda del exceso de inventario a los procesos logísticos. Siendo así, los desperdicios de exceso de inventario y transporte fueron sustituidos por la utilización de recursos y asignaciones no logradas.

A pesar de ser una filosofía incipiente, y de cuya aplicación no se encuentra un amplio respaldo literario, se concluye que el Lean Logistics ha tenido gran acogida por parte del sector de la manufactura, pues a través de la revisión de literatura se evidencia el gran interés por implementar las prácticas de esta filosofía en sus procesos logísticos.

Se identificó que la situación actual del mercado requiere que las empresas implementen cadenas de suministro ágiles y un área logística que busque reducir los tiempos de entrega, establecer buenas relaciones con los proveedores, optimizar las rutas de entrega y garantizar el cumplimiento total de los pedidos. Siendo así, se logró comprobar gracias a la literatura que la implementación de la filosofía Lean Logistics se ajusta plenamente para lograr los objetivos mencionados.

9. Recomendaciones

Con base en los resultados obtenidos en la presente investigación y de acuerdo con el aporte bibliográfico recopilado, se recomienda que las investigaciones futuras consideren la aplicación de las herramientas Lean que aún no han sido implementadas, y que son consideradas por las autoras como viables en la reducción de desperdicios en los procesos logísticos, como lo son Formato A3, Jidoka y Yamazumi. Esto gestará una ubérrima contribución científica sobre cada uno de los mecanismos logísticos que se empleen a futuro.

Se evidenció que el Lean Logistics es una filosofía incipiente, de modo que no existen suficientes estudios que respalden su aplicación en la industria. Por esta razón, se pone a consideración del lector, a la comunidad educativa y a las empresas interesadas, en optimizar sus actividades logísticas, profundizar en el estudio de la implementación de las herramientas Lean en los procesos logísticos. De esta forma, sería posible eliminar una de las barreras más frecuentes encontradas a lo largo de la revisión documental, la cual hace referencia a la desconfianza e incertidumbre por parte de los trabajadores y que se vio reflejada en una fuerte resistencia hacia el uso de nuevas metodologías de trabajo.

Referencias bibliográficas

- Abideen, A., & Mohamad, F. B. (2021). Improving the performance of a Malaysian pharmaceutical warehouse supply chain by integrating value stream mapping and discrete event simulation. *Journal of Modelling in Management*, 16(1), 70–102. <https://doi.org/10.1108/JM2-07-2019-0159>
- Acero, R., Torralba, M., Perez, R., & Pozo, J. (2019). Order processing improvement in military logistics by Value Stream Analysis lean methodology. *8th Manufacturing Engineering Society International Conference*. www.sciencedirect.com
- Acero, R., Torralba, M., Pérez, R., & Pozo, J. A. (2020). Value stream analysis in military logistics: The improvement in order processing procedure. *Applied Sciences (Switzerland)*, 10(1). <https://doi.org/10.3390/app10010106>
- Aguilar, V., & Garrido, P. (2013). Lean logistics management in healthcare: A case study. *Revista de Calidad Asistencial*, 28(1), 42–49. <https://doi.org/10.1016/j.cali.2012.07.001>
- Andreu, I. (2021). *Lean Manufacturing: ¿qué es y cuáles son sus principios?* APD España. Recuperado marzo de 2022, de <https://www.apd.es/lean-manufacturing-que-es/#:%7E:text=La%20filosof%C3%ADa%20Lean%20Manufacturing%2C%20tambi%C3%A9n,%20al%20proceso%20ni%20al%20cliente.>
- Añaguari Yarasca, M.A. y Gisbert Soler, V. (2016). Lean Manufacturing como herramienta de competitividad en las pymes españolas. *3C Tecnología: glosas de innovación aplicadas a la pyme*, 5(3), 20-29.
- Bhusiri, N., Qureshi, A. G., & Taniguchi, E. (2014). Application of the Just-In-Time Concept in Urban Freight Transport. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 125, 171–185. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.01.1465>
- Buonamico, N., Muller, L., & Camargo, M. (2017). A new fuzzy logic-based metric to measure lean warehousing performance. *Supply Chain Forum*, 18(2), 96–111. <https://doi.org/10.1080/16258312.2017.1293466>
- Baudin, M. (2004), *Lean Logistics: The Nuts and Bolts of Delivering Materials and Goods*, Productivity Press, New York.

- Caldas, J., Carvallo, E., Leon, C., Raymundo, C., Mamani, N., & Dominguez, F. (2020). Purchasing and Quality Management Lean Manufacturing Model for the Optimization of Delivery Times in SMEs in the Food Sector. In *Advances in Intelligent Systems and Computing* (Vol. 1209, pp. 478–485). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-50791-6_61
- Cagliano, A. C., Grimaldi, S., & Schenone, M. (2018). Proposing a new framework for lean warehousing: First experimental validations. *Proceedings of the Summer School Francesco Turco, 2018-Septe(September)*, 156–163.
- Chen, J., Lam, S., Ramakrishnan, S., & Auston, J. (2010). A Used Parts Inventory Monitoring System for Server Reverse Logistics. *Proceedings of the 2010 Industrial Engineering Research Conference*.
- Chistnikova, I., Ermachenko, F., & Gunter, I. (2021). Features of the Use of Lean Logistics Tools in Agricultural Regions. *Proceedings of the 3rd International Conference Spatial Development of Territories*, 1–5.
- Corinna, A., & Grimaldi, S. (2018). Proposing a new framework for lean warehousing: first experimental validations. *XXII Summer School “Francesco Turco” – Industrial Systems Engineering*. <https://www.researchgate.net/publication/329588949>
- Dinas Garay, Johan Armando, & Franco Cicedo, Paula, & Rivera Cadavid, Leonardo (2009). Aplicación de herramientas de pensamiento sistémico para el aprendizaje de Lean Manufacturing. *Sistemas & Telemática*, 7(14),109-144. [fecha de Consulta 4 de abril de 2022]. ISSN: 1692-5238. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=411534381003>.
- Dávila, D. A. (2018). Implantación de un modelo basado en herramientas Lean Logistics y su impacto en la gestión de almacén de una empresa industrial, Trujillo 2018 [Tesis de licenciatura, Universidad Privada del Norte]. Repositorio de la Universidad Privada del Norte. Recuperado de <https://hdl.handle.net/11537/13874>
- Dixit, A., Routroy, S., & Dubey, S. K. (2022). Development of supply chain value stream map for government-supported drug distribution system. *International Journal of Quality and Reliability Management*, 39(5), 1151–1169. <https://doi.org/10.1108/IJQRM-12-2020-0399>

- Dita Triana, J. J. (2020). Propuesta de mejora para los procesos logísticos en el centro de distribución regional Bogotá de la empresa Comercial Nutresa bajo la filosofía Lean Logistic. In *Gastronomía ecuatoriana y turismo local*. (Vol. 1, Issue 69).
- Eisler, M., Horbal, R., & Koch, T. (2007). Cooperation of Lean Enterprises-Techniques used for Lean Supply Chain. In *Advances in Production Management Systems*, (Vol. 246, Issues 363–370, pp. 363–370).
- el Kihel, Y., Amrani, A., Ducq, Y., & Amegouz, D. (2019). Implementation of Lean through VSM modeling on the distribution chain: Automotive case. *12th International Colloquium of Logistics and Supply Chain Management*.
- Fallas, P., Quesada, H. J., & Madrigal, J. (2018). Implementación de principios de manufactura esbelta a actividades logísticas: un caso de estudio en la industria maderera. *Revista Tecnología En Marcha*, 31(3). <https://doi.org/10.18845/tm.v31i3.3901>
- Frazelle, E. (2002). Estrategia de la cadena de suministro. la logística de gestión de la cadena de suministro. *Pitman. Fulconis*,.
- Freitas, A. M., Silva, F. J. G., Ferreira, L. P., Sá, J. C., Pereira, M. T., & Pereira, J. (2019). Improving efficiency in a hybrid warehouse: A case study. *Procedia Manufacturing*, 38, 1074–1084. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.195>
- Frontoni, E., Rosetti, R., Paolanti, M., & Alves, A. C. (2020). HATS project for lean and smart global logistic: A shipping company case study. *Manufacturing Letters*, 23, 71–74. <https://doi.org/10.1016/j.mfglet.2019.12.003>
- García, F. (2004). Aplicación de conceptos lean en una operación de almacén. *Actas de La Conferencia y Exposición Anual Del IIE*, 2819–2859.
- George, A. Zsidisin (2009). Gestión justada de extremo a extremo: una guía para la mejora completa de la cadena de suministro, Robert J. Trent. J. Ross Publishing, Fort Lauderdale, FL (2008).
- González-Reséndiz, J., Arredondo-Soto, K. C., Realyvásquez-Vargas, A., Híjar-Rivera, H., & Carrillo-Gutiérrez, T. (2018). Integrating simulation-based optimization for lean logistics: A case study. *Applied Sciences*, 8(12). <https://doi.org/10.3390/app8122448>

Gándara González, Felipe de Jesús (2014). herramientas de calidad y el trabajo en equipo para disminuir la reprobación escolar. *Conciencia Tecnológica*,

(48),17-24. [fecha de Consulta 4 de Abril de 2022]. ISSN: 1405-5597. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=94432996003>

Gamarra, Y. (2020). Aplicación de lean logistics para mejorar la productividad en la toma de inventario de la empresa PT&J soluciones empresariales S.A.C. San Borja, 2020.

Grados Arellano, R., & Obregón, A. (2016). *Implementación del ciclo de mejora continua Deming para mejorar la productividad en el área de logística de la empresa de confecciones KUYU S.A.C.* (Revisado ed.). revistas.uss.edu.pe. Godina, R., Pimentel, C., Silva, F.

J. G., & Matías, J. C. (2018). A structural literature review of the single minute exchange of die: the latest trends. *Procedia Manufacturing*, 17, 783-790.

Handfield, R. Cousins, P. Lawson, B., Petersen, K. (2015). ¿Cómo puede la gestión de suministros realmente mejorar el rendimiento? Un modelo basado en el conocimiento de las capacidades de alineación. In . *Suministro Gestión de cadena* (pp. 3–18).

Hjalmarsson, V., & Olsson, L. (2017). Quantifying Leanness Combining Value Stream Mapping with a Data Envelopment Analysis Based Method - A Case Study at a Swedish Logistics Company. *Proceedings of the 2017 IEEE IEEM*.

Hofmann, A., Pytel, N., & Winkelmann, A. (2020). Tracing Back the Value Stream with Colored Coins. *Forty-First International Conference on Information Systems*, 3–18. <https://www.researchgate.net/publication/348006359>

Hernández, J. G. V., Castillo, M. T. J., & Bautista, G. M. (2018). Sistemas de producción competitivos mediante la implementación de la herramienta lean manufacturing. *Ciencias administrativas*, (11), 20.

Janeiro, R., Pereira, M. T., Ferreira, L. P., Sá, J. C., & Silva, F. J. G. (2020). New conceptual model of reverse logistics of a worldwide fashion company. *Procedia Manufacturing*, 51, 1665–1672. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.10.232>

Jing, S., Hou, K., Yan, J., Ho, Z. P., & Han, L. (2021). Investigating the effect of value stream mapping on procurement effectiveness: a case study. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 32(4), 935–946. <https://doi.org/10.1007/s10845-020-01594-x>

- Khorasani, S., Cross, J. A., Feizi, R., Islam, S., Khorasani, S. T., & Cross, J. (2017). Application of Lean Tools in Medication Ordering Systems for Hospital. *Proceedings of the 2017 Industrial and Systems Engineering Conference*. <https://www.researchgate.net/publication/316280892>
- Klug, F. (2015). Failure tolerant logistics processes based on Poka Yoke. *Productivity Management*. <https://www.researchgate.net/publication/273131453>
- Kniberg, H. (2009). *Kanban vs Scrum: How to Make the Most of Both*. [Http://Www.Infoq.Com/Minibooks/Kanban-Scrum-Minibook](http://www.infoq.com/minibooks/kanban-scrum-minibook) .
- Kumar, M. (2019). Cause and effect analysis of inventory management in leagile supply chain. *Journal of Management Information and Decision Sciences*, 22(2). <https://www.researchgate.net/publication/343223813>
- Kusrini, E., & Parmasari, A. N. (2020). Productivity Improvement for Unit Terminal Container using Lean Supply Chain Management and Single Minute Exchange of Dies (SMED): A Case Study at Semarang Port in Indonesia. *INTERNATIONAL JOURNAL OF INTEGRATED ENGINEERING*, 12(1), 122–131. <https://doi.org/10.30880/ijie.2020.12.01.013>
- Lanotte, H., Ferreira, A., & Brisset, P. (2020). Lean supply chain and designing a customer-oriented. *13th International Colloquium of Logistics and Supply Chain Management*, 1–7.
- Liker, Jk. Hoseus, M. (2008). *Una cultura Toyota. Un alma do modelo Toyota*. Porto Alegre: Bookman.
- Mahfouz, A., & Arisha, A. (2013). LEAN DISTRIBUTION ASSESSMENT USING AN INTEGRATED FRAMEWORK OF VALUE STREAM MAPPING AND SIMULATION. *Proceedings Winter Simulation Conference*, 4386.
- Mahfouz, A., & Arisha, A. (2015). AN INTEGRATED LEAN ASSESSMENT FRAMEWORK FOR TYRE DISTRIBUTION INDUSTRY. *Proceedings of the 2015 Winter Simulation Conference*.
- Mo, T., Wang, M., Fan, K., & Wang, D. (2013). Design and implementation of material supply system based on B/S and C/S mixed mode. *Actas de La Conferencia Internacional Sobre Tecnología de La Información e Ingeniería de Software*, 212 LNEE, 93–101. https://doi.org/10.1007/978-3-642-34531-9_10
- Mourato, J., Pinto Ferreira, L., Sá, J. C., Silva, F. J. G., Dieguez, T., & Tjahjono, B. (2020). Improving internal logistics of a bus manufacturing using the lean techniques. *International Journal of Productivity and Performance Management*, (In-press), 1–31. <https://doi.org/10.1108/IJPPM-06-2020-0327>

- Mesa, Josue & Carreño, Diego. (2020). Metodología para aplicar Lean en la gestión de la cadena de suministro. *Espacios*. 41. 30
- Mouaky, M., Berrado, A., & Benabbou, L. (2019). Using a kanban system for multi-echelon inventory management: the case of pharmaceutical supply chains. In *Int. J. Logistics Systems and Management* (Vol. 32).
- Nuñez, Y., Moreno, M., Shinno, M., Maradiegue, F., & Alvarez, J. (2019). Improvement of warehouses of distribution companies through lean warehouse and an allocation algorithm. *7th International Engineering, Sciences and Technology Conference (IESTEC)*, 473–478. <https://doi.org/10.1109/IESTEC46403.2019.00091>
- Ohno, T. (1988). Sistema de producción de Toyota: más allá de la producción a gran escala. *Prensa de Productividad*.
- Olsen, E., Fung, C., Singh, J., & Singh, P. (2017). Mapping Quality in Extended Value Streams using Data Recorders. *Packaging Technology and Science*, 30(9), 561–573. <https://doi.org/10.1002/pts.2205>
- Pekarcikova, M., Trebuna, P., Kliment, M., & Rosocha, L. (2020). Material flow optimization through e-kanban system simulation. *International Journal of Simulation Modelling*, 19(2), 243–254. <https://doi.org/10.2507/IJSIMM19-2-513>
- Pinho, T., & Lobo, M. (2019). LEAN TOOLS APPLIED IN TRANSPORT AND LOGISTICS SERVICES. *Revista de Produção y Desenvolvimento.*, 5. <https://doi.org/10.32358/rpd.2019.v5.411>
- Purba, H. H., Fitra, A., & Nindiani, A. (2019). Control and integration of milk-run operation in Japanese automotive company in Indonesia. In *Management and Production Engineering Review* (Vol. 10, Issue 1, pp. 79–88). Polish Academy of Sciences. <https://doi.org/10.24425/mper.2019.128246>
- Qin, Y., & Liu, H. (2022). Application of Value Stream Mapping in E-Commerce: A Case Study on an Amazon Retailer. *Sustainability (Switzerland)*, 14(2). <https://doi.org/10.3390/su14020713>
- Resende de Carvalho, E., Elaje Azevedo Simões da Mota, A., Maués de Souza Martins, G., dos Santos Lourenço Bastos, L., & Cristiano Silva Melo, A. (2017). The current context of Lean and Six Sigma Logistics applications in literature: A Systematic Review. *Brazilian Journal of Operations & Production Management*, 14(4), 586–602. <https://doi.org/10.14488/bjopm.2017.v14.n4.a14>
- Rocha, L., Alvarez, S. E., Eldridge, S., Garza, J. A., & Kumar, V. (2013). Lean six sigma supply chain case study: Aircraft shipment improvement in a pharmaceutical company. In *Lecture Notes in*

- Mechanical Engineering* (Vol. 7, pp. 1475–1487). Springer Heidelberg.
https://doi.org/10.1007/978-3-319-00557-7_119
- Romero, P. (2021). *VSM - Qué es y para qué sirve esta tecnología*. Geinfor ERP.
<https://geinfor.com/business/vsm-que-es-y-para-que-sirve-esta-tecnologia/>
- Rodríguez, J. 'González, J. (2017). El efecto del alineamiento estratégico en las compras administración. *Administrar Res.* , 1175–1200.
- Rother, M. hook, J. (1999). *Aprendiendo a ver: mapeo de flujo de valor para agregar valor y eliminar Muda*.
- Rouhollahi, Z. (2011). Logistics Philosophies. In *Logistics Operations and Management*. Elsevier Inc.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-385202-1.00004-9>
- Sadesh, K., & Senthilkumar, A. P. (2021). Improving supply chain performance in an online store using Lean tools. *International Journal of Mechanical Engineering*, 6(3), 694–703.
<https://doi.org/10.4108/eai.7-12-2021.2314572>
- Shah, S., & Goh, C. (2021). Application of Value Stream Mapping in Global Manufacturing Environment. *26th International Conference on Automation and Computing: System Intelligence through Automation and Computing*. <https://doi.org/10.23919/ICAC50006.2021.9594224>
- Simmons, D. 'Mason, R. 'Gardner, B. (2004). Efectividad general del vehículo. *Revista Internacional de Logística: Investigación y Aplicaciones*, 7, 34–119.
- Simmons, D. 'Mason, B. 'Gadner, B. (2005). Eficacia general del vehículo. *Revista Internacional de Logística* , 7(2), 119–13.
- Silva, L (2009). *Gestão e Melhoria de Processos: Conceitos, técnicas e ferramentas*. Brasport.
- Barraza, Manuel Francisco y Miguel-Dávila, José Ángel. 2012. “El kaizen en una organización deportiva: un esquema de mejora continua”. *Administración & Desarrollo* 40 (55): 61-76.
- SILVA, L. *Gestão e Melhoria de Processos: Conceitos, técnicas e ferramentas*. Brasport, 2009
- Sternberg, H. , 'Stefansson, E. 'Westernberg, R. 'Boije af G. E. 'Allenstrom, M. N. (2013). Aplicación de un enfoque Lean para identificar desperdicios en operaciones de autotransportistas. *Revista Internacional de Productividad y Gestión Del Rendimiento*, 47–65.
- Sumantri, Y. (2019). Lean adoption in third party logistics industry to achieve efficient logistics activities. *Journal of Distribution Science*, 17(12), 71–79.
<https://doi.org/10.15722/jds.17.12.201912.71>

- Vargas, H, José G., & Muratalla -Bautista, Gabriela, & Jiménez-Castillo, María (2016). Lean Manufacturing ¿una herramienta de mejora de un sistema de producción? *Ingeniería Industrial. Actualidad y Nuevas Tendencias*, V (17),153-174.[fecha de Consulta 4 de Abril de 2022]. ISSN: 1856-8327. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=215049679011>.
- Verduzco, A., Montalvo, K., Frias, M., & Verduzco, M. (2018). Design of a centralized warehouse layout and operation flow for the automotive industry: A simulation approach. *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, 1–13.
- Villareal, B, Garza, F. , Rosas, I. y García, D. (2012). Introducción a la eficiencia operativa de distribución,Internacional . *Revista de Ingeniería Industrial*, 19(7), 278–288.
- Villarreal, B. , Sañudo, A. V. S. Macias y E. G. (2012). Un esquema Lean para mejorar las operaciones de enrutamiento de vehículos. *Actas de La Conferencia Internacional Sobre Gestión Industrial y de Operaciones (IEOM)* .
- Villarreal, B., Benavides, V., Garza, V., & Garza, C. (2017). Improving Distribution Efficiency to Increase Agility: An Application to a Mexican Company. *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, 1–12.
- Villarreal, B., Garza, J. A., Ocañas, P., & Martinez, F. (2017). A Lean Transportation Approach for Reducing Distribution Cost: A Case Study. *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, 1–9.
- Villarreal, B., Garza, J., & Kumar, V. (2016a). A lean thinking and simulation-based approach for the improvement of routing operations. *Industrial Management and Data Systems*, 116(5), 903–925. <https://doi.org/10.1108/IMDS-09-2015-0385>
- Villarreal, B., Garza, J., & Kumar, V. (2016b). Lean road transportation – a systematic method for the improvement of road transport operations. *Production Planning and Control*, 27(11), 865–877. <https://doi.org/10.1080/09537287.2016.1152405>
- Vostriakova, V., Kononova, O., Kravchenko, S., Ruzhytskyi, A., & Sereda, N. (2021). Optimization of Agri-Food Supply Chain in a Sustainable Way Using Simulation Modeling. *IJCSNS International Journal of Computer Science and Network Security*, 21(3), 245. <https://doi.org/10.22937/IJCSNS.2021.21.3.33>

- Zhang, A., Luo, W., Shi, Y., Chia, S. T., & Sim, Z. H. X. (2016). Lean and Six Sigma in logistics: a pilot survey study in Singapore. *International Journal of Operations and Production Management*, 36(11), 1625–1643. <https://doi.org/10.1108/IJOPM-02-2015-0093>
- Zuting, K. R., Mohapatra, P., Daultani, Y., & Tiwari, M. K. (2014). A synchronized strategy to minimize vehicle dispatching time: A real example of steel industry. *Advances in Manufacturing*, 2(4), 333–343. <https://doi.org/10.1007/s40436-014-0082-1>
- Yanpier Alberto, G. S. (2020). Aplicación de lean logistics para mejorar la productividad en la toma de inventario de la empresa PT&J soluciones empresariales S.A.C. San Borja, 2020.
- Socconini, L. (2019). *Lean Manufacturing paso a paso: Vol. II*.

