

Estudio exploratorio sobre la implementación de técnicas de Lean Manufacturing en  
el sector agropecuario.

Natalia Cardona Herrera y Jeferson Alexis Prada Naranjo

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**

A Dios, mis papás y mis abuelos, por apoyarme siempre y ser ejemplo.

Natalia.

### **Dedicatoria**

Quiero dedicar este proyecto de investigación a mi mamá Marina Prada y mis hermanos Jhonattan y Karen, por su apoyo, por ser el motivo de poder seguir adelante cuando sentía que no lo podía hacer.

A la familia Palencia Ruiz que me brindaron su apoyo y su ayuda y me acogieron en su casa como un miembro más de la familia.

A mis compañeros de clase especialmente mi amigo y hermano Wilmer Rojas con quien compartí mis mejores y peores momentos, mi compañero de mil batallas y la persona más leal que he conocido.

A mi compañera de proyecto Natalia Cardona.

Jeferson Alexis

**Tabla de contenido**

Resumen .....	10
Abstract.....	11
Introducción.....	12
Cumplimiento de los objetivos .....	14
1. Generalidades del proyecto .....	15
1.1. Planteamiento del problema .....	15
1.2. Justificación del problema.....	16
1.3. Objetivos.....	19
1.3.1. Objetivo general .....	19
1.3.2. Objetivos específicos.....	19
2. Metodología.....	20
2.1. Fase 1 .....	20
2.2. Fase 2.....	20
2.3. Fase 3.....	21
2.4. Fase 4.....	21
2.5. Fase 5:.....	22
3. Revisión de Literatura .....	22
3.1. Análisis bibliométrico en R.....	28
4. Marco Teórico .....	32
4.1. Antecedentes metodológicos .....	33
4.2. Lean Manufacturing.....	35
4.3. Elementos conceptuales necesarios para implementar Lean.....	36
4.3.1. Valor Agregado .....	36

4.3.2. Flujo continuo del proceso .....	36
4.3.3. El cliente “hala” (Customer Pull) .....	37
4.3.4. Mejoramiento continuo: Es la búsqueda de la perfección (Kaizen) .....	37
4.3.5. Heijunka.....	38
4.3.6. Jidoka.....	38
4.4. Facilitadores para implementar LEAN:.....	38
4.4.1. TPM Mantenimiento Total Productivo.....	38
4.4.2. Ciclo Deming - Orientación hacia la Mejora Continua. ....	39
4.4.3. Fomento del sentido de pertenencia de los empelados hacia la empresa. ....	39
4.4.4. Sistema de participación del personal – Trabajo en Equipo.....	40
4.4.5. Calidad en la Fuente. ....	40
4.5. Herramientas antecesoras del Lean Manufacturing.....	41
4.5.1. Diagrama de Ishikawa. ....	41
4.5.2. Diagrama de Spaghetti.....	42
4.6. Herramientas del Lean Manufacturing .....	42
4.6.1. Formato A3.....	42
4.6.2. Value Stream Mapping “VSM” .....	43
4.6.3. KPI / Overall Equipment Effectiveness o Eficiencia General de los Equipos .....	44
4.6.4. Yamazumi.....	44
4.6.5. 5S .....	44
4.6.6. SMED .....	45
4.6.7. Poka Yoke.....	45
4.6.8. Kanban.....	46
4.6.9. Control visual (Andon).....	46

4.6.10. Celdas de Fabricación.....	52
4.6.11. Jidoka.....	53
5. Herramientas operativas del Lean Production dentro del sector agropecuario .....	54
5.1. 5´s .....	56
5.5. Kanban.....	58
5.6. VSM.....	60
5.7. SMED .....	62
5.8. KPI.....	63
6. Procesos que conforman el sector agropecuario.....	64
6.1. Relación de los procesos misionales y las técnicas lean.....	65
7. Comparación de la implementación de las técnicas lean entre el sector manufacturero y el sector agropecuario.....	67
8. Análisis del impacto .....	73
8.1. Ventajas y barreras de la implementación.....	76
8.1.1 Ventajas .....	76
8.1.2. Barreras.....	78
9. Resultados.....	79
9.1. Artículo de carácter publicable.....	79
9.2. Esquema gráfico en el que se identifica las herramientas que se han adaptado en el sector agropecuario.....	80
9.3. Análisis de los cambios .....	82
10. Conclusiones.....	84
11. Recomendaciones .....	86
12. Referencias .....	87

### Lista de Tablas

Tabla 1. Cumplimiento de los objetivos de la investigación.....	14
Tabla 2. Lista de términos asociados a las palabras clave.....	23
Tabla 3. Ecuaciones planteadas por conjunto.....	26
Tabla 4. Estructura ecuación de búsqueda.....	27
Tabla 5. Resultados de publicaciones por país .....	29
Tabla 6. Cantidad de producción científica por año .....	31
Tabla 7. Etapas de la autonomización .....	53
Tabla 8. Herramientas Lean usadas en el sector agropecuario.....	55
Tabla 9. Diferencias de implementación de la herramienta 5s en el lean manufacturing y el lean farming.....	68
Tabla 10. Diferencias de implementación de la herramienta VSM en el lean manufacturing y el lean farming. ....	69
Tabla 11. Diferencias de implementación de la herramienta Kanban en el lean manufacturing y el lean farming.....	70
Tabla 12. Diferencias de implementación de la herramienta SMED en el lean manufacturing y el lean farming.....	71

### Lista de Figuras

Figura 1. Representación gráfica de la ecuación de búsqueda .....	25
Figura 2. Mapa de publicaciones .....	29
Figura 3. Producción científica por año.....	30
Figura 4. Tendencia de documentación.....	31
Figura 5. Redes bibliométricas .....	32
Figura 6. Flujo continuo del proceso .....	36
Figura 7. Representación de un sistem Pull.....	37
Figura 8. Ciclo Deming .....	39
Figura 9. Diagrama de Ishikawa.....	41
Figura 10. Informe A3.....	43
Figura 11. Alarma.....	47
Figura 12. Lámpara de colores .....	47
Figura 13. Tablero de información.....	48
Figura 14. Lista de verificación.....	49
Figura 15. Marcas en el piso.....	50
Figura 16. Tblero de resultados .....	50
Figura 17. Pirámide de seguridad.....	51
Figura 18. Celda de manufactura.....	52
Figura 19. Señal Kanban en las camas de cultivo en la granja de Bent Hartaman.....	59
Figura 20 VSM para la producción lechera en granjas suecas.....	60
Figura 21. Herramientas de lean manufacturing que se han aplicado en el agro .....	80
Figura 22. Esquema grafico que representa las herramientas ean que se han utilizado en ada subsector del sector agro.....	81

### **Lista de Apéndices**

Los apéndices se encuentran adjuntos en la carpeta Apéndices que se envía junto con este documento.

Apéndice A: Cuadro resumen de las Herramientas Lean implementadas en el sector agropecuario.

Apéndice B: Como realizar un análisis bibliométrico en R Studio usando bibliometrix

Apéndice C: Esquema Gráfico de las herramientas Lean implementadas en el sector Agropecuario.

Apéndice D: Artículo publicable con los resultados obtenidos durante el desarrollo de este trabajo de Investigación.

## Resumen

**Título:** Estudio exploratorio sobre la implementación de técnicas de Lean Manufacturing en el sector agropecuario (Lean Farming).

**Autores:** Natalia Cardona Herrera y Jeferson Alexis Prada Naranjo

**Palabras Clave:** Lean Manufacturing, Lean Farming, Agricultura, Avicultura, Herramientas Lean, Mejora continua.

## Descripción

En los últimos años, diversas industrias y sectores han adoptado la producción Lean o Lean manufacturing, a menudo denominada simplemente 'Lean', como una filosofía de gestión destinada a hacer que las empresas y organizaciones sean más eficientes. El lean manufacturing cuenta con una variedad de técnicas que le permiten a las empresas u organizaciones disminuir o eliminar actividades innecesarias sin valor agregado en los procesos productivos basándose en la mejora continua. Dichas técnicas han sido tan exitosas en el sector de la manufactura que fue necesario ampliar su aplicación a distintos sectores, como el sector agro, donde las herramientas han sido ajustadas de acuerdo con las necesidades de cada proyecto trayendo grandes beneficios e impactos a lo largo del tiempo. Este documento se enfoca en realizar un análisis de los cambios efectuados entre el lean manufacturing y el lean farming, incluyendo las técnicas operativas y la forma como dichas técnicas fueron adaptadas a los procesos misionales del sector. Además, se hace un análisis del impacto de la aplicación de la filosofía lean en el sector agro, así como de sus ventajas y desventajas.

\*Tesis de grado

\*\* Escuela de Estudios Industriales y empresariales. Director: Néstor Raúl Ortiz Pimiento PhD. En ingeniería

### **Abstract**

**Title:** Exploratory study on the implementation of Lean Manufacturing techniques in the agricultural sector (Lean Farming).

**Authors:** Natalia Cardona Herrera and Jeferson Alexis Prada Naranjo

**Keywords:** Lean Manufacturing, Lean Farming, Agriculture, Poultry, Lean Tools, Continuous improvement.

### **Description**

In recent years, various industries and sectors have adopted Lean production or Lean manufacturing, often simply referred to as 'Lean', as a management philosophy aimed at making companies and organizations more efficient. Lean manufacturing has a variety of techniques that allow companies or organizations to reduce or eliminate unnecessary activities without added value in production processes based on continuous improvement. These techniques have been so successful in the manufacturing sector, so much so that it was necessary to extend their application to different sectors, such as the agricultural sector, where the tools are adjusted according to the needs of each project, bringing great benefits and impacts throughout. weather. This document focuses on an analysis of the changes made between lean manufacturing and lean farming, including operational techniques and how these techniques were adapted to the mission processes of the sector. In addition, an analysis of the impact of the application of the lean philosophy in the agricultural sector is made, as well as the advantages.

\*Bachelor's Thesis

\*\* School of Industrial and Business Studies. Advisor: Néstor Raúl Ortiz Pimiento PhD. PhD. in engineering

## Introducción

En la actualidad la competencia global está obligando a las empresas a ser más eficientes para poder mantenerse en el mercado y con ello, a generar productos que tengan valor agregado, lo cual, resulta de vital importancia en el mundo de los negocios. Es así como la reducción de costos y desperdicios se vuelve un elemento crítico para las organizaciones que buscan permanecer y seguir a la vanguardia.

Los principios Lean están destinados a transformar procesos complejos en un flujo continuo suave, que entregue valor al cliente, mejore el flujo de trabajo, estandarice los procesos y elimine el desperdicio (S. Spear y HK Bowen, 1999). Debe haber un enfoque continuo en lograr la calidad del producto como una medida de un proceso agropecuario efectivo y no solo el rendimiento (C. Colgan, G. Adam y F. Topolansky, 2013).

En los últimos años, diversas industrias y sectores han adoptado la producción ajustada o Lean manufacturing, a menudo denominada simplemente 'Lean', como una filosofía de gestión destinada a hacer que las empresas y organizaciones sean más eficientes. Lean ha migrado de su aplicación principal en la producción a otras áreas como el sector de servicios (Abdi, Shavarini y Hoseini 2006; Piercy y Rich 2009; Swank 2003), procesos administrativos (Atkinson 2004), atención médica (Brandao de Souza 2009; LaGanga 2011) y administración pública (Arlbjørn, Freytag y de Haas 2011; Pedersen y Huniche 2011).

En esa misma línea, es sabido que la agricultura juega un papel vital en la economía. Tradicionalmente, la eficiencia en el sector agropecuario se ha medido en el margen bruto por hectárea o en la eficiencia de las operaciones de campo, ignorando un

impacto holístico en el rendimiento operativo general. Además, ha habido poco enfoque en mejorar la eficiencia a nivel gerencial, especialmente en la reducción de desperdicios y pérdidas en el sector agropecuario en comparación con la manufactura y el sector de servicios (C. Sofokleous, 2007). Por otro lado, las decisiones operativas en la agricultura se toman principalmente en función de los costos que pasan por alto el impacto de estas decisiones en el flujo de valor, y tanto los investigadores como los profesionales en el área han pedido la aplicación de prácticas de gestión de la calidad (QM), como los principios Lean, que pueden ayudar al sector agropecuario a ser más eficiente y competitivo (P. Luning y W. Marcelis, (2009).

Habiendo mencionado lo anterior, el objetivo de este proyecto consiste precisamente en identificar qué técnicas del modelo *Lean* tradicional se han expandido dentro del sector agropecuario, así como reconocer sus diferencias con respecto al planteamiento original, determinando aquellos beneficios y oportunidades de mejora que contribuyan a fortalecer y dinamizar los procesos productivos del sector.

### Cumplimiento de los objetivos

**Tabla 1.**

*Cumplimiento de los objetivos de la investigación.*

<b>Objetivos específicos</b>	<b>Cumplimiento</b>
Realizar una revisión documental acerca de los estudios desarrollados en torno al Lean Farming, con el fin de determinar qué herramientas clásicas del Lean han sido aplicadas en los procesos misionales de las empresas en el sector agropecuario.	CAPÍTULO 3
Identificar qué herramientas lean son empleadas con mayor frecuencia dentro de la cadena de valor en las empresas del sector agropecuario.	CAPÍTULO 5
Analizar la forma en que fueron adaptadas las herramientas clásicas de Lean Manufacturing en las organizaciones del sector agropecuario, así como su aplicación a los diferentes servicios que contribuyen a la consecución de su objeto social.	CAPÍTULO 7
Realizar un análisis que permita comprender el impacto de la aplicación de las herramientas Lean como estrategia de mejoramiento de los procesos misionales de las empresas del sector agropecuario.	CAPÍTULO 8
Documento donde se resaltan las herramientas Lean que se utilizan con más frecuencia en el sector agropecuario.	APÉNDICE A
Artículo publicable que contiene los resultados obtenidos durante la investigación.	APÉNDICE D

## 1. Generalidades del proyecto

### 1.1. Planteamiento del problema

Uno de los sistemas de gestión de calidad notables desarrollados durante la década de 1980 es la fabricación o producción ajustada, la cual se basa en el sistema de producción desarrollado por Toyota después de la segunda guerra mundial en la década de 1950. En términos simples, Lean es un sistema que utiliza menos insumos y crea los mismos productos mientras aporta más valor a los clientes, todo al eliminar el desperdicio en el proceso (JF Krafcik, 1988). En esa misma línea, la implementación de la filosofía *Lean* ha mejorado significativamente el desempeño operativo de las empresas en varios sectores con respecto al costo, la calidad y la entrega. Son varios los autores que afirman que los principios de producción ajustada se han aplicado a numerosas industrias para producir mejoras trascendentales y no hay ninguna razón por la que un sector tan importante como el agro no pudiera también aprovechar algunas de estas prácticas.

Teniendo en cuenta estos antecedentes, el presente trabajo de investigación explora el uso de las prácticas y herramientas lean en el sector agropecuario, dando respuesta a preguntas como: ¿cuáles son las diferencias entre el lean aplicado en el sector manufacturero “Lean manufacturing” y el lean aplicado en el sector agropecuario “Lean farming”?

Por otra parte, es claro que el sector agropecuario presenta unas características especiales como una vida útil corta, materias primas heterogéneas, estacionalidad, entre otras. La naturaleza heterogénea del sector agropecuario en su conjunto, la gran variación en la calidad de las materias primas hace que la aplicación de las herramientas *Lean* sea

más complicado, convirtiéndolo en un sector único en relación con los otros sectores en los que se ha implementado Lean.

Asimismo, la revisión de literatura muestra que hay vacíos de investigación sobre manufactura esbelta en el sector agropecuario donde la mayoría de los artículos disponibles son estudios de casos, los cuales se basan en la aplicabilidad de herramientas y técnicas lean individuales que ignoran los principios holísticos y generales del lean manufacturing y donde no existen estudios que hayan investigado cuáles de las diversas prácticas lean disponibles se utilizan con más frecuencia en el sector agropecuario. Estos vacíos indican que es necesario conocer los contextos específicos en los que opera el sector agropecuario, para revelar los desafíos y posibilidades en la implementación lean.

## **1.2. Justificación del problema**

La palabra “lean” en inglés significa “magra”, es decir, sin grasa. En español no combina mucho la definición de “manufactura magra”, por lo que se le ha llamado: Manufactura Esbelta o Manufactura Ágil (Padilla, 2010). Asimismo, el Lean Manufacturing es una filosofía de trabajo que propone obtener mayores beneficios utilizando menos recursos (menos esfuerzo humano, menos equipos, menos tiempo y menos espacio) al tiempo que se ocupa de la identificación del valor para el cliente, la cual ha sido aplicada a una gran variedad de sectores de la industria, siendo implementada por empresas que desean aumentar su competitividad en el mercado obteniendo mejores resultados a la vez que emplean menos recursos. En conclusión, el objetivo principal es eliminar todas las actividades que no agregan valor en todo el proceso productivo.

De igual modo, es conveniente nombrar los pilares del lean manufacturing: la filosofía de la mejora continua, el control de la calidad, la eliminación del despilfarro, el aprovechamiento de todo el potencial a lo largo de la cadena de valor y la participación de los operarios (Carreras & Sanchez García, 2010). En los últimos 20 años sus principios y enseñanzas se han extendido por todo el mundo, en empresas de diversos sectores y vocaciones. Inclusive, recientemente se han presentado aplicaciones en sectores no manufactureros como los servicios y la salud (Cadavid, 2013).

No obstante, Lean también se utiliza cada vez más en el sector agroalimentario. En un artículo pionero, Simons y Zokaei (2005) informaron sobre el uso de Lean en la industria de la carne roja del Reino Unido, demostraron los beneficios de la producción Lean en un análisis de la cadena de valor que respondió a las demandas de los consumidores. Por otro lado, Pérez (2010) realizó una investigación similar en el sector porcino catalán. Además, Henchion y McIntyre (2010) estudiaron Lean en la industria de la carne irlandesa. Dentro de este panorama más amplio, la producción primaria agropecuaria representa un campo de consideración algo más nuevo. La difusión de lean en la producción primaria agropecuaria se ha manifestado en un pequeño pero creciente cuerpo de literatura que investiga la aplicación de lean en esta área. Hasta la fecha, una pequeña constelación de estudios exploratorios ha identificado varios beneficios incluido el ahorro de costos (Zokaei & Simons, 2006), los residuos de producción reducidos (Colgan et al., 2013) y la mejora de la calidad de los alimentos (Pearce et al, 2018).

El presente proyecto de Investigación tiene la finalidad de analizar la filosofía Lean ya no desde una perspectiva aplicada al sector de la manufactura, sino realizar un estudio exploratorio en donde se pueda evidenciar la implementación Lean en el sector primario, en

este caso al sector agropecuario (Lean Farming), de modo que permita identificar futuras líneas de investigación relacionadas sobre este tema.

### **1.3. Objetivos**

#### **1.3.1. Objetivo general**

Realizar un estudio exploratorio sobre la implementación de técnicas de Lean Manufacturing en el sector agropecuario.

#### **1.3.2. Objetivos específicos**

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

2. Identificar qué herramientas lean son empleadas con mayor frecuencia dentro de la cadena de valor en las empresas del sector agropecuario.

3. Analizar la forma en que fueron adaptadas las herramientas clásicas de Lean Manufacturing en las organizaciones del sector agropecuario, así como su aplicación a los diferentes servicios que contribuyen a la consecución de su objeto social.

4. Realizar un análisis que permita comprender el impacto de la aplicación de las herramientas Lean como estrategia de mejoramiento de los procesos misionales de las empresas del sector agropecuario.

## 2. Metodología

Para llevar a cabo la investigación se han definido cinco fases, las cuales se desarrollan de la siguiente manera:

### 2.1. Fase 1.

**Revisión documental acerca de los estudios desarrollados en torno al Lean Farming.** En esta etapa se propusieron diferentes actividades que permitieron un acercamiento a las temáticas de interés para la investigación propuesta. Inicialmente, a través del motor de búsqueda de Google académico se hizo una primera búsqueda para ampliar el conocimiento previo a la temática. Del mismo modo, se procedió con la investigación preliminar para el planteamiento de la ecuación de búsqueda que proporcionó información relevante a los temas de estudios realizados en los últimos años acerca de lean farming con aplicaciones en diferentes actividades del sector agro.

### 2.2. Fase 2.

**Identificación de las herramientas Lean empleadas con mayor frecuencia dentro de la cadena de valor de las empresas enfocadas en el sector agropecuario.** En esta etapa se realizó un análisis bibliométrico sobre los documentos encontrados en la base de datos científica Scopus con el fin de obtener información estadística que permitiera conocer el desarrollo de investigaciones previas sobre la implementación de lean manufacturing en el sector agropecuario, donde se analizaron los autores, los países donde se han producido estas investigaciones, el número de documentos que se han escrito, entre otros que resulten relevantes para la investigación.

Luego se procedió con la identificación de las herramientas lean que se están empleando con mayor frecuencia en el sector agropecuario. En este punto fue importante identificar los diferentes procesos que se emplean en este sector, así como sus características y particularidades.

### **2.3. Fase 3.**

**Análisis sobre la manera en que fueron adaptadas las herramientas clásicas de Lean Manufacturing en las organizaciones del sector agro.** Una vez hecho lo anterior se procedió a establecer las diferencias entre la aplicación de las herramientas lean en su enfoque original y la aplicación de estas herramientas en el sector agropecuario ya que como se mencionó anteriormente el sector agropecuario se caracteriza por que sus productos son precederos, materias primas heterogéneas, estacionalidad entre otras; además de que el objeto social de las empresas del sector manufacturero es diferente al de las empresas que operaran en el sector agropecuario. Se estableció un paralelo donde se mostraron las diferencias existentes y posteriormente se resaltarán los principales cambios y adaptaciones de estas herramientas para poder ser aplicadas en el agro y otras actividades propias del sector objeto de estudio.

### **2.4. Fase 4.**

**Análisis para comprender el impacto de la aplicación de las herramientas Lean como estrategia de mejoramiento de los procesos misionales de las empresas del sector agro.** En esta etapa, se hizo un análisis del impacto ocasionado por la implementación de las herramientas lean en el sector agropecuario. Para lo cual se mostraron algunos casos que soporten y demuestren el impacto generado en los aspectos

económico, social y ambiental al aplicar las herramientas de la filosofía lean en sus procesos.

## **2.5. Fase 5:**

**Elaboración del artículo con carácter publicable.** Finalmente, se elaboró un artículo con carácter publicable, en el cual se exponen los resultados de la investigación.

### **3. Revisión de Literatura**

Un método importante y común para determinar la actividad de investigación sobre un determinado tema es el análisis bibliométrico, que se define como el uso de métodos matemáticos y estadísticos para el análisis de los artículos publicados en términos de cantidad y calidad. En el análisis bibliométrico se presenta la información con respecto al crecimiento de las publicaciones, la colaboración internacional, los principales países activos, institutos y autores; además, en algunos estudios emplean mapas como método de visualización de indicadores bibliométricos (Espinoza, Elizabeth, Lioo-Jordán, Flor, Villanueva, Gladis, 2018).

Considerando lo anterior y para empezar a realizar la revisión literaria, se utilizaron fuentes secundarias y contenido de la Web para así poder obtener un primer acercamiento a la temática de interés por medio de estudios empíricos y teóricos relacionados con el desarrollo, productividad y competitividad en el sector agropecuario a nivel mundial.

No obstante, la navegación en la web arroja cientos de resultados, por lo que resultó necesario seleccionar y filtrar los términos que permitieran realmente identificar de manera precisa el tema de investigación. Los términos propuestos deben compilar la información

sobre el lean aplicado en el sector agropecuario. De esta forma, se clasificó la información en temas principales como: lean, farming y lean tools.

Una vez seleccionados los términos claves para incluirlos en la ecuación de búsqueda, se llevó a cabo una búsqueda de términos con relación semántica y genérica. Luego, se escogieron base de datos y fuentes alternativas definitivas.

La estructura preliminar y algunas modificaciones a la estructura de la ecuación de búsqueda se presenta a continuación:

Para la elección de términos y estructura preliminar de la ecuación de búsqueda: Una vez establecidos los términos claves se realizó la búsqueda de todos los términos similares para así poder incluir todos los documentos relacionados con el tema de investigación. En la tabla 2 se pueden observar las palabras claves buscadas junto con los términos encontrados para realizar la estructura preliminar de la ecuación de búsqueda.

## **Tabla 2.**

*Lista de términos asociados a las palabras clave*

<b>Palabra clave</b>	<b>Inglés</b>	<b>Español</b>
Lean	Lean philosophy / Lean thinking / Lean methodology / Lean approach / Lean Implementation	Magro / esbelto / Filosofía Lean / Pensamiento Lean / Metodología Lean / Acercamiento Lean / Implementación Lean

*Continuación tabla 2.*

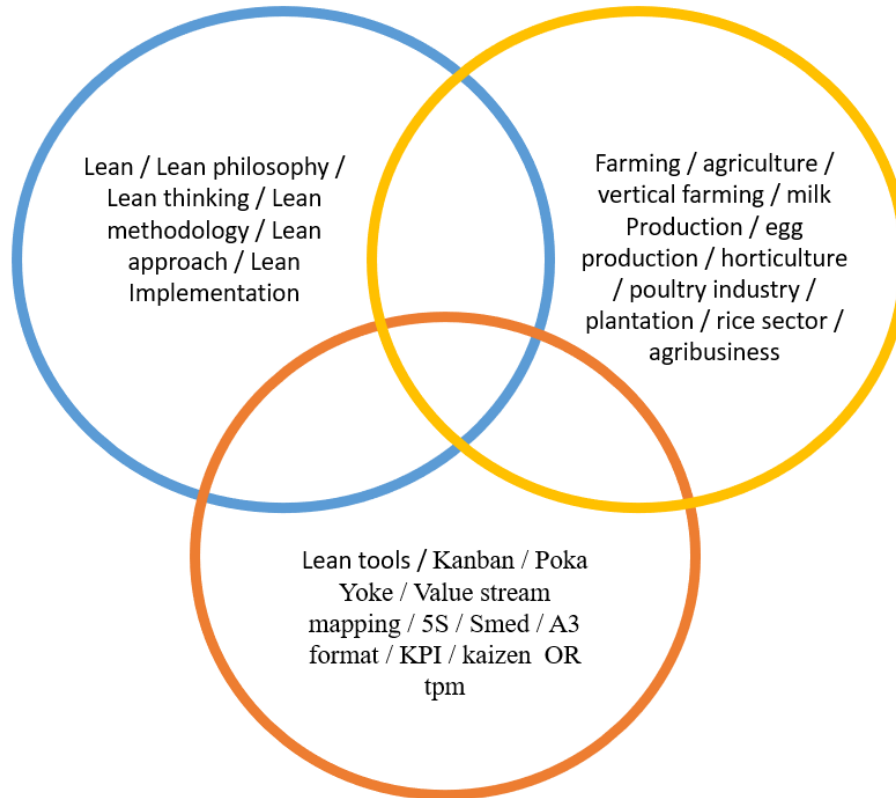
Farming	Agriculture / vertical farming / milk Production / egg production / horticulture / poultry industry / plantation / rice sector / agribusiness	Agricultura / agricultura vertical / producción de leche / producción de huevos / horticultura / industria avícola / plantaciones / sector arrocero / agroindustria
Lean tools	Kanban / Poka Yoke / Value stream mapping / 5S / Smed / A3 format / KPI / kaizen OR tpm	Kanban / Poka Yoke / mapa de Flujo de Valor / 5S's (sentido de utilización, sentido de organización, sentido de limpieza, sentido de normalización, sentido de disciplina) / cambio de matriz en menos de 10 minutos / formato 3 / KPI / mejoramiento continuo / mantenimiento productivo total

Para poder realizar la ecuación de búsqueda, se planteó la estructura teniendo en cuenta los términos claves mostrados en la tabla anterior. Inicialmente, se propusieron 3 conjuntos que se consideran relevantes porque abarcan los subtemas relacionados con la investigación. Después, por medio de Scopus, se procuró consolidar todos los conjuntos con 2 operadores lógicos: “OR” para asociar todos términos que contienen similitud a las palabras claves (tesauros) y “AND” con el objetivo de asociar todos los conjuntos o los términos claves donde se implemente.

De esta forma, en la figura 1 se muestra el planteamiento de la estructura de la ecuación de búsqueda propuesta para englobar los temas relacionados con la investigación.

**Figura 1.**

*Representación gráfica de la ecuación de búsqueda*



Para la ejecución, ajustes y/o variaciones de la ecuación de búsqueda:

Como se mencionó anteriormente, se propusieron tres grupos con términos claves para incluirlos en la ecuación de búsqueda. Así, se realizó en Scopus una búsqueda inicial para visualizar los resultados que ofrecía cada conjunto por separado, estos se pueden apreciar en la tabla 3.

**Tabla 3.***Ecuaciones planteadas por conjunto*

<b>N° grupo</b>	<b>Ecuación</b>	<b>Resultado</b>
<b>1</b>	TITLE-ABS-KEY ( "Lean agriculture" OR "Lean farming" ) OR ALL ( agriculture OR "Vertical farming" OR "Milk Production" OR "egg production" OR horticulture OR "poultry industry" OR plantation* OR farm* OR "Rice sector" OR agribusiness )	4.455.106
<b>2</b>	TITLE-ABS-KEY ( lean OR "Lean philosophy" OR "Lean thinking" OR "Lean methodology" OR "Lean approach" OR "Lean Implementation" ).	113.322
<b>3</b>	TITLE-ABS-KEY ( "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 OR kaizen OR tpm )	62.460

Fue posible observar que la cantidad de resultados arrojados por Scopus que los dos primeros grupos obtuvieron un resultado mayor, lo que permite inferir que son temas sobre los cuales ha existido interés a lo largo del tiempo.

Igualmente, con el fin de estructurar una ecuación de búsqueda que permitiera encontrar producción científica un poco más específica al tema de investigación, cada grupo fue relacionado a través de la implementación de operadores booleanos del mismo modo que se incluyen los términos similares encontrados.

En la tabla 4 que se presenta a continuación, inicialmente se ejecutó la ecuación sin tener en cuenta los criterios de exclusión propuestos, encontrando como resultado 124

documentos de los cuales, evaluando los títulos se encontró que muchos de ellos contenían temas que no eran de interés en la presente investigación. Por esta razón, la segunda ecuación de búsqueda que se presenta sí contiene criterios de exclusión, razón por la cual la cantidad de documentos encontrados disminuye notablemente y la segmentación con los temas de interés es más precisa.

**Tabla 4.**

*Estructura ecuación de búsqueda*

N°	Ecuación	Resultados
1	<p>TITLE-ABS-KEY ( "Lean agriculture" OR "Lean farming" ) OR            ALL ( agriculture OR "Vertical farming" OR "Milk Production" OR            "egg production" OR horticulture OR "poultry industry" OR            plantation* OR farm* OR "Rice sector" OR agribusiness ) AND            TITLE-ABS-KEY ( ( lean OR "Lean philosophy" OR "Lean            thinking" OR "Lean methodology" OR "Lean approach" OR "Lean            Implementation" ) 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 OR kaizen OR tpm ) )</p> <p>TITLE-ABS-KEY ( "Lean agriculture" OR "Lean farming" ) OR            ALL ( agriculture OR "Vertical farming" OR "Milk Production" OR            "egg production" OR horticulture OR "poultry industry" OR            plantation* OR farm* OR "Rice sector" OR agribusiness ) AND            TITLE-ABS-KEY ( ( lean OR "Lean philosophy" OR "Lean            thinking" OR "Lean methodology" OR "Lean approach" OR "Lean</p>	124

**Continuación tabla 4.**


---

Implementation" ) 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 OR kaizen OR tpm ) ) AND (	73
---	----

---

EXCLUDE ( SUBJAREA , "SOCI" ) OR EXCLUDE ( SUBJAREA ,  
 "ENER" ) OR EXCLUDE ( SUBJAREA , "MATH" ) OR  
 EXCLUDE ( SUBJAREA , "AGRI" ) OR EXCLUDE ( SUBJAREA ,  
 "MEDI" ) OR EXCLUDE ( SUBJAREA , "PHAR" ) OR  
 EXCLUDE ( SUBJAREA , "BIOC" ) OR EXCLUDE ( SUBJAREA ,  
 "ECON" ) OR EXCLUDE ( SUBJAREA , "NURS" ) OR  
 EXCLUDE ( SUBJAREA , "PHYS" ) OR EXCLUDE ( SUBJAREA  
 , "CENG" ) OR EXCLUDE ( SUBJAREA , "HEAL" ) OR  
 EXCLUDE ( SUBJAREA , "ARTS" ) OR EXCLUDE ( SUBJAREA  
 , "MULT" ) OR EXCLUDE ( SUBJAREA , "VETE" ) )

---

**3.1. Análisis bibliométrico en R.**

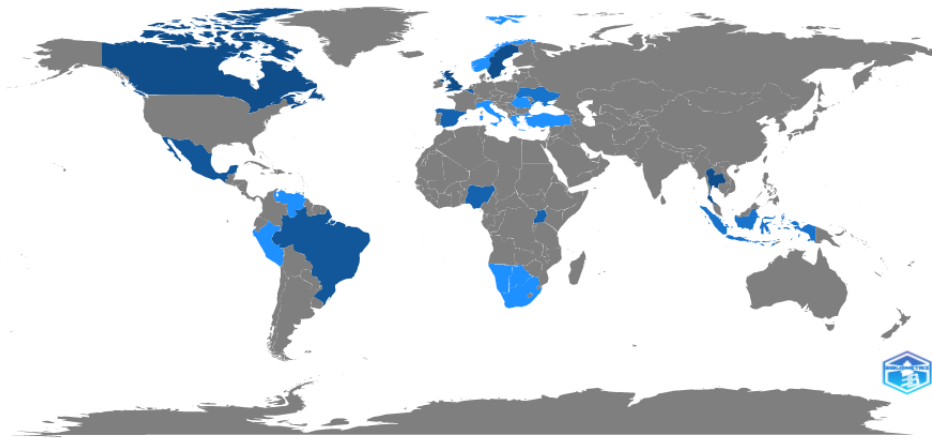
Para realizar un análisis de la producción científica recolectada gracias a la ecuación de búsqueda planteada, se utilizó la librería Bibliometrix desarrollada en R, la cual facilitó reprocesar los documentos para identificar tendencias y el comportamiento del tema de investigación. De esta forma, se procedió a descargar los metadatos disponibles sobre la documentación disponible en un archivo BibTex para posteriormente cargarlos en el bibliometrix de R. Para ampliar la información ver el apéndice B

En la figura 2 presentada a continuación, fue posible observar la relación del número de publicaciones con los diferentes países que en los últimos años han efectuado trabajos relacionados con el Lean Farming donde las regiones que presentan un color azul oscuro son zonas con más publicaciones y aquellas que presenta un color más claro presentan menor cantidad de publicaciones hasta llegar a las zonas de color gris las cuales no cuentan con publicaciones.

**Figura 2.**

*Mapa de publicaciones*

Country Scientific Production



Nota: Adaptado de *Bibliometrix en R*

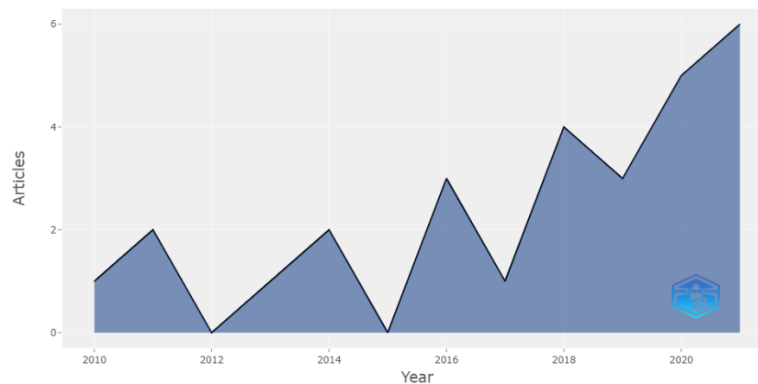
De acuerdo con el mapa, se evidencia que Canadá, Suecia, Tailandia y Reino Unido son los países que más aportes han proporcionado en cuanto a investigaciones realizadas, seguido a estos, encontramos países como Brasil, México y Bélgica. En la tabla 6 se puede apreciar la lista de documentación por países.

**Tabla 5.***Resultados de publicaciones por país*

<b>País</b>	<b>Resultado</b>	<b>País</b>	<b>Resultado</b>
<b>Canadá</b>	5	México	4
<b>Suecia</b>	5	Bélgica	3
<b>Tailandia</b>	5	Nigeria	3
<b>Reino Unido</b>	5	España	3
<b>Brasil</b>	4	Uganda	3

Nota: Adaptado de Bibliometrix en R

En esa misma línea, según los resultados encontrados en las bases de datos, los aportes del Lean aplicado en la agricultura no es un tema sobre el cual se exista una gran cantidad de información, no obstante, en la figura 4 se puede observar la producción científica por año y cómo esta ha ido aumentando a través del tiempo.

**Figura 3.***Producción científica por año*

Nota: Adaptado de Bibliometrix de R

**Tabla 6.**

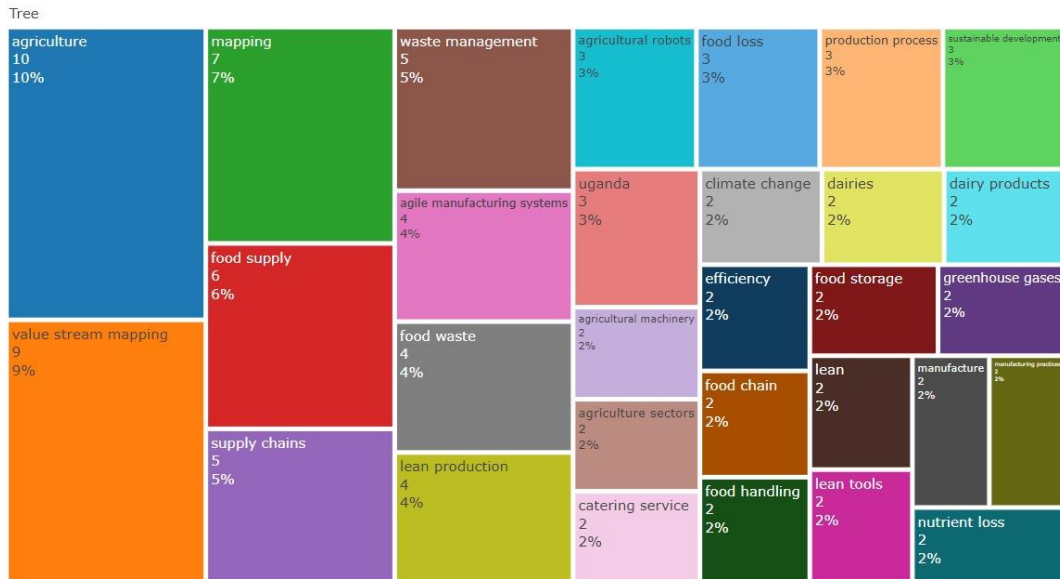
*Cantidad de producción científica por año*

Año	Resultado	Año	Resultado
<2018	10	2020	5
2018	14	2021	6
2019	3	2022	-

De manera análoga, en la figura 4 es posible observar la tendencia de los diferentes temas encontrados en la ecuación de búsqueda propuesta y como las aplicaciones de algoritmos clasificadores como lo son los clustering han sido tema de interés para los investigadores.

**Figura 4.**

*Tendencia de documentación*

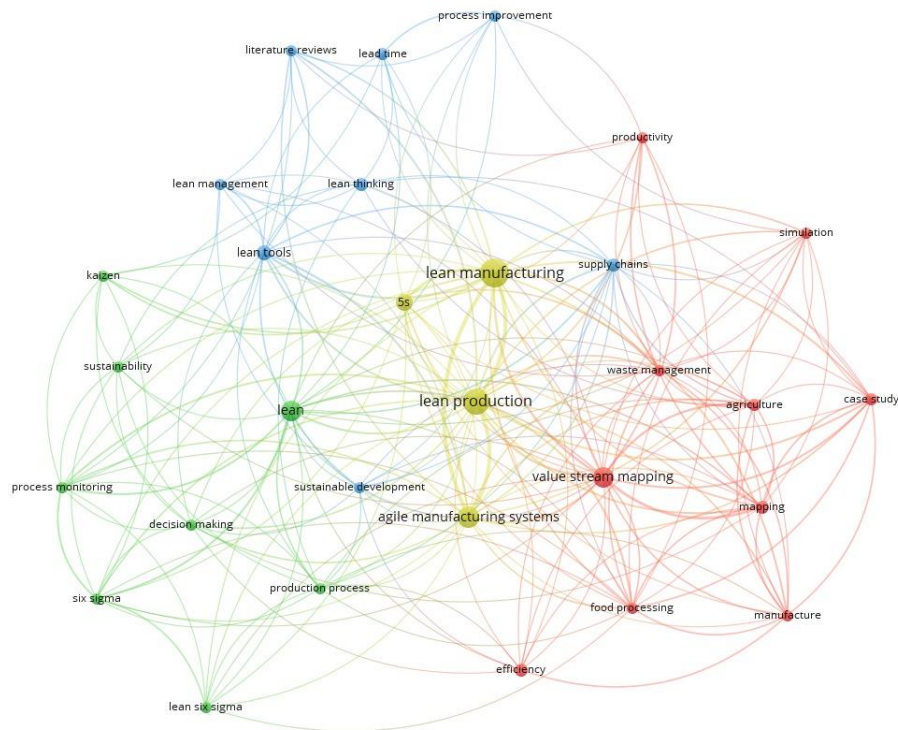


Nota: Adaptado de Bibliometrix de R

Para finalizar, haciendo uso del software VOSviewer fue posible visualizar las redes bibliométricas de la documentación, en la figura 5 se identifica la relación de las palabras claves propuestas por los diferentes autores.

### Figura 5.

#### *Redes bibliométricas*



Nota: Adaptado de voz viewer

## 4. Marco Teórico

Es importante hacer una contextualización previa de algunos conceptos, términos y herramientas *Lean* que se han implementado en el sector agropecuario, para esto se realizó una revisión bibliográfica de documentos, artículos científicos y literatura gris que ofrecen información sobre el tema. A continuación, se explican cada uno de ellos.

#### 4.1. Antecedentes metodológicos

Botero y Nimísica (2020) en su proyecto denominado “Propuesta de Mejora para el Sistema Productivo de la Granja Avícola El Salitre bajo el Modelo de Autoevaluación Lean Manufacturing” presentaron una propuesta de mejora basada en las herramientas de Lean Manufacturing después de realizar un reconocimiento de la empresa con el fin de mejorar el sistema productivo de dicha granja. Para esto dividieron su investigación en 3 fases: diagnóstico de la empresa, definición de las herramientas Lean Manufacturing con la identificación de las variables críticas y finalmente su propuesta de mejora donde plantearon la implementación de 5 herramientas: Estandarización de Trabajo, Poka Yoke, Mejora Continua, Balanceo y TPM. Por esta razón, este proyecto tiene relación con la presente investigación, ya que expone la oportunidad de implementación de las herramientas del pensamiento *Lean* en el sector de interés.

Por otra parte, Cruz y Sánchez (2020) en su trabajo de investigación denominado “Aplicación de herramientas Lean en el sector agroalimentario: Una investigación empírica del zapallo en Perú” realizaron una revisión de literatura, modelado y casos de éxito con el propósito de proponer un marco conformado por tres fases de desarrollo: pre implementación, implementación y post implementación, para la implementación eficiente de las herramientas Lean en el sector agropecuario de Perú, abordando los desafíos desde una perspectiva operativa y estratégica. De esta forma, encontraron que las herramientas utilizadas como acción de mejora son: la estandarización de procesos, la gestión visual (Andon) y los indicadores claves del rendimiento (KPI). Además, propusieron un caso de estudio para un programa piloto en los campos de cultivo de zapallo en Ocucaje, Ica. Transfiriendo la filosofía Lean del sector manufacturero al sector agropecuario con el

marco de implementación paso a paso para garantizar el éxito de su instauración. Por este motivo, esta investigación está relacionada con el presente proyecto, ya que presenta algunas de las herramientas del pensamiento Lean en el sector agropecuario. No obstante, permite no sólo identificar herramientas aptas, sino también determinar cómo estas podrían ser empleadas dentro del sector.

Asimismo, Abadía y Zuñiga (2021) en su proyecto denominado “Mejora aplicada en la empresa solagro s.a.c. mediante el uso de herramientas de lean manufacturing” realizaron una propuesta basada en las herramientas de Lean Manufacturing con el fin de reducir el despilfarro de recursos en los procesos productivos. De esta forma, encontraron que a través del análisis de la cadena de valor mediante el uso de un Value Stream Mapping (VSM) el principal problema asociado al proceso productivo era la demora en producción. Lo anterior contribuye significativamente al proyecto a desarrollar en este documento pues detalla minuciosamente cómo implementar la herramienta después de identificar los problemas que había en la empresa.

Adicionalmente, Molina y Torres (2020) en su proyecto denominado “Aplicación de Lean en la cadena de suministro agroalimentaria: Un caso de estudio en agronegocios de aceituna peruana” realizaron una propuesta para lograr incrementar la productividad mediante la implementación de herramientas Lean en los productores primarios de aceitunas de mesa del valle El Algarrobal, Ilo. Basada en 3 fases: pre-implementación, consideraciones y la implementación de las herramientas Lean (JIT, estandarización y VSM). Por este motivo, esta investigación está relacionada con el presente proyecto, ya que presenta algunas de las herramientas del pensamiento Lean en el sector agropecuario y

además permite observar cómo estas podrían ser empleadas dentro del sector pues presenta un caso de estudio real.

En esa misma línea, es posible observar cómo cada uno de los trabajos mencionados anteriormente permiten tener un primer acercamiento a las herramientas más utilizadas, al igual de las consideraciones que se han tenido a la hora de buscar implementarlas en el área de interés. Sin embargo, cabe aclarar que en el presente proyecto no se busca únicamente profundizar en las herramientas Lean de mayor uso, sino también analizar las herramientas clásicas y su adaptación en el sector agropecuario, al igual que identificar el impacto de su aplicación como estrategia de mejora de los procesos en el sector.

#### **4.2. Lean Manufacturing.**

Lean es una palabra inglesa que se puede traducir como "sin grasa, escaso, esbelto", pero aplicada a un sistema productivo significa "ágil, flexible", es decir, capaz de adaptarse a las necesidades del cliente. El lean manufacturing tiene por objetivo la eliminación del despilfarro, mediante la utilización de una colección de herramientas que se desarrollaron fundamentalmente en Japón. Los pilares del lean manufacturing son: la filosofía de la mejora continua, el control total de la calidad, la eliminación del despilfarro, el aprovechamiento de todo el potencial a lo largo de la cadena de valor y la participación de los operarios (Carreras & Sanchez García, 2010).

### 4.3. Elementos conceptuales necesarios para implementar Lean

#### 4.3.1. Valor Agregado

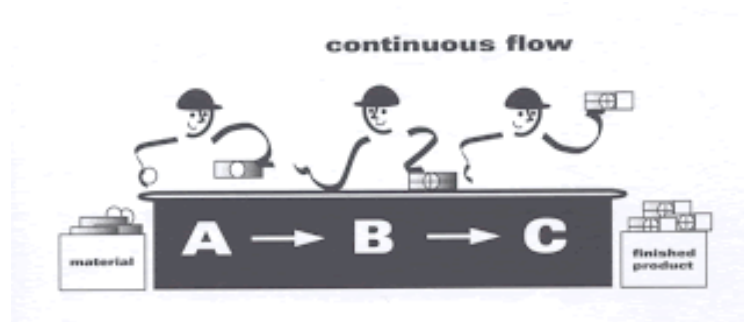
El valor (También conocido como trabajo de valor agregado o VA) es cualquier actividad que se hace y que el cliente considera beneficiosos y que estaría dispuesto a pagar (Hocken, J, 2019). Es importante aclarar que este valor se debe ver a través de los ojos del cliente, y no un valor a los ojos del negocio.

#### 4.3.2. Flujo continuo del proceso

Este se crea con el objetivo de obtener productos de calidad, es decir sin defectos y evitar interrupciones en el proceso. Este flujo debe ser continuo para lo cual se debe hacer un buen diseño de planta de manera que las personas, maquinaria y actividades permitan que el flujo de producción trabaje en armonía minimizando el movimiento y la acumulación de inventarios.

#### Figura 6.

*Flujo continuo del proceso*



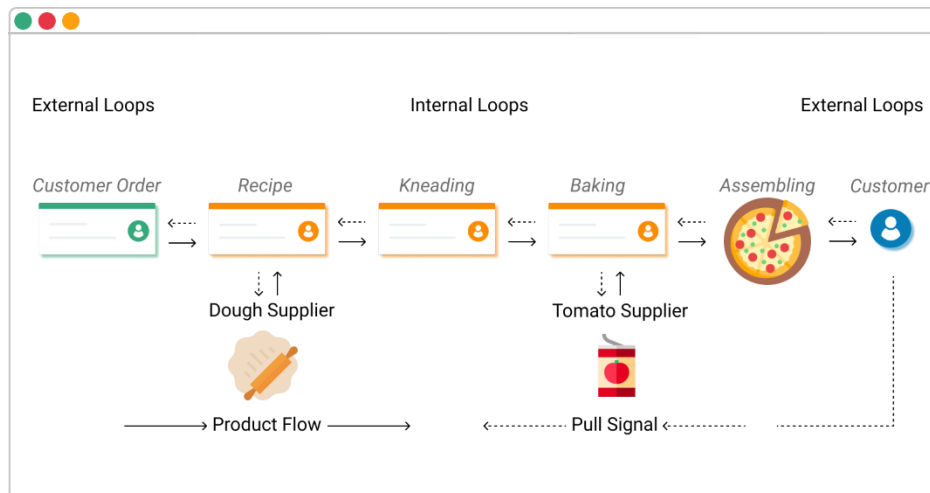
Nota: Tomada de Lean Healthcare Indonesia (Santoso, 2022).

### 4.3.3 El cliente “hala” (Customer Pull)

En el sistema pull, cada proceso o cliente retira el producto o las piezas del proceso anterior a medida que los va requiriendo. Este sistema nace a raíz de los principios lean, en la década de 1940-1950. Su propósito principal es crear un flujo de trabajo en el cual el trabajo se “hala” con la existencia de una demanda.

#### Figura 7.

##### *Representación de un sistema Pull*



Nota: Tomado de Kanbanize, (s.f).

### 4.3.4. Mejoramiento continuo: Es la búsqueda de la perfección (Kaizen)

La filosofía Kaizen es el concepto de mejoramiento continuo, el cual asume una búsqueda constante de ideas para mejorar todas las áreas de la organización. Esto requiere que se involucre a todos los empleados de la compañía, desde operarios hasta el más alto nivel de gerencia. El propósito del Kaizen es reemplazar permanentemente actividades que generen desperdicio, agregando valor. En la práctica, el Kaizen viene a ser una colección e

implementación de ideas de los empleados, que sirven para la organización del trabajo o mejorar el proceso de producción (Hamrol A. 2015).

#### **4.3.5. Heijunka**

Heijunka o “nivelar la producción” tiene como objetivo principal eliminar los saltos en la producción. La nivelación de la producción se conoce como un método de secuenciación de productos para equilibrar la producción, aumentar la productividad y la flexibilidad, eliminando los desperdicios y minimizando las diferencias en la carga de las estaciones de trabajo.

#### **4.3.6. Jidoka**

El Jidoka consiste en la utilización de equipos productivos los cuales vengan con mecanismos automáticos que den retroalimentación y permitan la detección de los defectos y que en caso tal de detectar alguna anomalía detengan los equipos. Por esto se convierte en un control automático de defectos.

En otras palabras, lo que busca es prevenir la producción de piezas defectuosas y promover el compromiso de aprender de los errores e investigar a profundidad cada incidente.

### **4.4 Facilitadores para implementar LEAN:**

#### **4.4.1. TPM Mantenimiento Total Productivo.**

El TPM (mantenimiento productivo total) tiene por objetivo asegurar que el equipo de fabricación este en condiciones optimas y que los componentes que se produzcan cumplan los estándares de calidad en el tiempo de ciclo optimo establecido. Esto se hace ya que la mejora y la buena conservación de los activos productivos es una tarea de todos,

empezando por los operarios hasta el alto mando directivo (Carreras & Sanchez García, 2010).

#### 4.4.2. Ciclo Deming - Orientación hacia la Mejora Continua.

El principio Sistema enfocado hacia la Gestión está muy relacionado con el enfoque a los procesos, por que plantea el ciclo de mejora continua de los procesos PDCA o PHVA que significa "Planificar-Hacer- Verificar-Actuar" desarrollado por W. Shewarth en el año 1920 y conocido gracias a W. Edwards Deming por su difusión, es por ese motivo que es conocido como el Ciclo DEMING.

**Figura 8.**

*Ciclo Deming.*



Nota: Tomado de Leal, (s. f.).

#### 4.4.3. Fomento del sentido de pertenencia de los empelados hacia la empresa.

Uno de los aspectos principales para el crecimiento de una organización es que las personas que forman parte de esta se sientan cómodas, para ellos las empresas deben

permitir espacios en pro de cultivar el sentido de pertenencia laboral, creando una cultura organizacional adecuada que conlleve al bienestar psicológico y emocional de los empleados. El sentido de pertenencia nos permite reconocernos como parte de un círculo social, en este caso laboral. Este se ve enriquecido al trabajar en equipo, pues permite construir mejores relaciones con los demás compañeros, además, el trabajador se debe de sentir identificado con los valores y objetivos de donde labora, pero cómo se construye eso y para qué (Cluster Industrial, 2021).

#### **4.4.4. Sistema de participación del personal – Trabajo en Equipo.**

Es muy común encontrar este concepto en las empresas, pues en estas se encuentran diferentes grupos de personas organizadas para cumplir objetivos específicos comunes. El objetivo del trabajo en equipo es reunir a un grupo de persona con capacidades, inteligencias, ideas y destrezas similares con el fin de realizar tareas de manera más rápida para obtener mejores resultados.

#### **4.4.5. Calidad en la Fuente.**

El papel de la calidad en las industrias consiste en monitorizar de forma permanente los estados finales de los productos ofertados al mercado, pero también de todos los recursos utilizados en la cadena de producción, tanto humanos como materiales y todo lo relativo al equipo o las herramientas utilizados. Calidad es la mejor estrategia de crecimiento, de productividad y de creación de valor y cultura que las compañías pueden implementar.

## 4.5. Herramientas antecesoras del Lean Manufacturing.

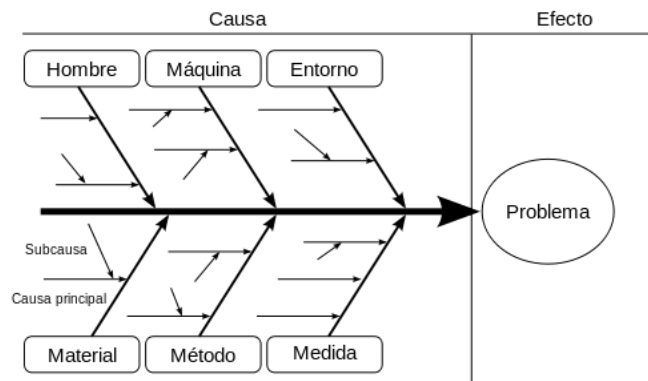
### 4.5.1. Diagrama de Ishikawa.

El Diagrama de Ishikawa o Diagrama de Causa Efecto (conocido también como Diagrama de Espina de Pescado dada su estructura) es una representación gráfica que permite observar y analizar las causas de cualquier problema que se tenga, lo cual la convierte en una herramienta de la Gestión de la Calidad ampliamente utilizada dado que orienta la toma de decisiones al abordar las bases que determinan un desempeño deficiente. (Delgado, 2020).

La figura 9 muestra la imagen de un diagrama de Ishikawa donde se observan seis categorías: mano de obra, método, material, medición, maquinaria y entorno, en cada categoría se pregunta cómo influyen éstas en el efecto, y se añaden espinas a cada categoría, estas espinas son las mismas causas que provocan el problema

### Figura 9.

*Diagrama de Ishikawa*



Nota: Tomado de *Qué es el Diagrama de Ishikawa o Diagrama de Causa Efecto*.

Gestión de Operaciones. Tutoriales, G (2017).

#### **4.5.2. Diagrama de Spaghetti**

Es una de las herramientas para el análisis de la cadena de valor, se utiliza para medir el despilfarro: el movimiento de trabajadores o materiales también permite identificar oportunidades de mejora y medir la eficacia de las acciones de mejora (Griso, 2018). En este diagrama, cada parte del flujo del proceso se representa como una hebra. Estos hilos se unen en puntos de decisión o "intersecciones" para formar una red.

#### **4.6. Herramientas del Lean Manufacturing**

A continuación, se presentan y describen algunas de las herramientas de Lean Manufacturing más conocidas y que más impacto han tenido en las empresas que deciden implementarlas y aplicarlas correctamente.

##### **4.6.1. Formato A3**

El formato A3 es un método reconocido a nivel mundial por ser una herramienta muy eficaz, tanto para la resolución de problemas como para llegar a obtener la mejora continua en una organización. Entregas tardías de pedidos, defectos en un producto, clientes descontentos, incumplimiento de KPIs, son problemas que se podrían solucionar gracias a este método. El objetivo de este método es el de definir y analizar el problema antes de saltar a la solución directamente. Si se trabaja en el desarrollo de cada uno de los pasos del método, se llegará a soluciones más eficaces. Su nombre se origina del formato de la hoja de papel A3, el cual es frecuentemente utilizado para plasmar los problemas. La principal ventaja de esta herramienta es que por muy complejo que resulte un problema, este podrá ser resumido en una hoja A3. Esto obliga a quedarse con lo más importante sin perder foco en aspectos innecesarios (ISOTools, 2019).

**Figura 10.***Informe A3.*

A3 Report Name

<b>1. Background</b> - Importance - Context	<b>5. Countermeasures</b> - Possible Solutions - Go Back to Goals and Add Details if Needed
<b>2. Current Situation</b> - Problem Statement - Process Mapping	<b>6. Implementation</b> - List of Actions - Assign Responsible Individuals
<b>3. Set targets/goals</b> - Desired Outcome - Success Metrics	<b>7. Follow-Up</b> - Report Results - Standardize or Modify
<b>4. Root Cause Analysis</b> - 5 Whys - Dig Deeper - Find Initial Problem	Project Leader: _____ Team Members: _____ Department: _____ Date: _____

Nota: Tomado de Kanbanize, (s.f).

#### 4.6.2. Value Stream Mapping “VSM”

El value stream mapping es una visión del negocio donde se muestra tanto el flujo de materiales como el flujo de información desde el proveedor hasta el cliente. Se trata de plasmar en un papel de una manera sencilla y visual, todas aquellas actividades que se están llevando a cabo hasta el momento. Poder visualizar de una manera muy sencilla el mapa de la cadena de valor permite identificar las actividades que no aportan valor añadido al negocio, con el fin de eliminarlas y poder ser más eficientes. Con esto se pueden obtener beneficios como: ayudar a visualizar más de un simple proceso, vincular el flujo de información y el de materiales en un solo mapa utilizando un único lenguaje y también obtener un sistema estructurado para implementar mejoras (Carreras & Sanchez García, 2010).

#### **4.6.3. KPI / Overall Equipment Effectiveness o Eficiencia General de los Equipos**

La Efectividad Global de Equipos conocida como OEE, por sus siglas en inglés (Overall Equipment Effectiveness), es un indicador vital que representa la capacidad real para producir sin defectos, el rendimiento del proceso y la disponibilidad de los equipos. Además, el indicador OEE es una herramienta integral de evaluación comparativa, esto quiere decir que puede ser utilizado para evaluar los diferentes componentes del proceso de producción, por ejemplo: disponibilidad, rendimiento y calidad (López, 2020). También es un indicador apropiado al momento de medir los avances reales en 5s, Lean Manufacturing, Kaizen, TPM y Six Sigma.

#### **4.6.4. Yamazumi**

En el contexto del lean Manufacturing hace referencia a un diagrama de columnas apiladas que representa las formas en que se reparte el tiempo o la capacidad de los medios productivos entre producción y problemas. Se puede entender como problema toda parada no planificada de los medios de producción. (Guerrero, 2019)

Tiene una gran utilidad para entender de una manera muy rápida en qué situación se encuentran los medios de producción y cuáles son sus problemas principales.

#### **4.6.5. 5S**

La implantación de las 5S sigue un proceso establecido en cinco pasos, cuyo desarrollo implica la asignación de recursos, la adaptación a la cultura de la empresa y la consideración de aspectos humanos. El esquema adjunto resume los principios básicos de las 5S en forma de cinco pasos o fases, que en japonés se componen con palabras cuya

fonética empieza por “s”: seiri, seiton, seiso, seiketsu y shitsuke; que significan, respectivamente: eliminar lo innecesario, ordenar (cada cosa en su sitio y un sitio para cada cosa), limpiar e inspeccionar, estandarizar (fijar la norma de trabajo para respetarla) y disciplina (construir autodisciplina y forjar el hábito de comprometerse) (Carreras & Sanchez García, 2010).

#### **4.6.6. SMED**

Las técnicas SMED (single minute exchange of die) o cambio rápido de herramienta, tienen por objetivo la reducción del tiempo de cambio (setup). El tiempo de cambio se define como el tiempo entre la última pieza producida del producto “A” y la primera pieza producida del producto “B”, que cumple con las especificaciones dadas. El logro de un menor tiempo de cambio y el correspondiente aumento de la moral permiten a los operarios afrontar retos similares en otros campos de la planta, lo cual constituye una importante ventaja de carácter secundario del SMED (Carreras & Sanchez García, 2010). La aplicación de esta técnica exige la consideración de tres ideas fundamentales:

- Siempre es posible reducir los tiempos de cambio de serie hasta casi eliminarlos completamente.
- No es solo un problema técnico, sino también de organización.
- Solo con la aplicación de un método riguroso se obtienen los máximos resultados a menor coste.

#### **4.6.7. Poka Yoke**

Se trata de mecanismos que detectan defectos e impiden su fabricación de manera automática, a pesar de que exista un error humano. Tienen tres funciones básicas contra los

defectos: paro, control y aviso. Sus características son: simplicidad (pequeños dispositivos de acción inmediata, muchas veces sencillos y económicos) y eficacia (actúan por sí mismos en cada acción repetitiva del proceso, independientemente de la actuación del operario) (Carreras & Sanchez García, 2010).

#### **4.6.8. Kanban**

Lo señalan como el intento más famoso de implantación, del sistema kanban es el de Toyota, cuyas bases son: la garantía de alta calidad y la producción de las partes precisas en las cantidades necesarias en tiempos cortos y fiables en cada proceso. Para que esto sea una realidad se aplica una idea sencilla: un sistema de tirar de la producción (pull) mediante un flujo sincronizado, continuo y en lotes pequeños, mediante la utilización de kanbans. Kanban en japonés significa, señal o cartel de tienda, pero en el contexto del sistema de producción de Toyota significa un pequeño signo enfrente del operario (una tarjeta, una caja vacía, un fax, etc.), que le marca la necesidad de producir (Carreras & Sanchez García, 2010)

#### **4.6.9. Control visual (Andon)**

Andon es una expresión de origen japonés que significa «lámpara» y que se relaciona con el control visual. A su vez es considerado como un elemento de la filosofía Lean Manufacturing, el cual agrupa un conjunto de medidas prácticas de comunicación utilizadas con el propósito de plasmar, de forma evidente y sencilla, el estado de algún sistema productivo (López, 2019).

Es un complemento ideal de metodologías como las 5's, la eliminación de desperdicios, SMED y muchos otros

**Alarmas:** Las alarmas son un tipo básico de control audiovisual, frecuentemente son utilizadas para comunicar situaciones de suma urgencia. Es normal que en las organizaciones se le asignen diferentes relaciones de aviso de acuerdo con la cantidad o tipo de sonidos (López, 2019).

**Figura 11.**

*Alarma*



Nota: Tomado de López, (2019)

**Lámparas de colores:** Las lámparas de colores, también conocidas como torretas, se ubican en las líneas de producción, equipos o celdas de manufactura; con el objetivo de comunicar el estado de estos. Generalmente se utilizan en líneas muy numerosas y ocasionalmente se reemplazan por banderas de colores. Cada color representa un estado, y la relación estado – colores varía de una empresa a otra (López, 2019).

**Figura 12.**

*Lámpara de colores.*

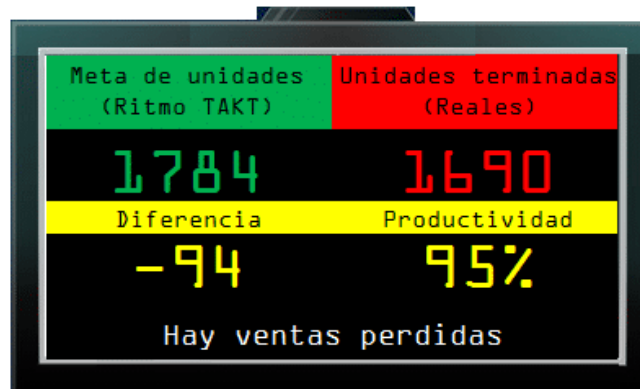


Nota: Tomado de López, (2019)

**Tableros de Información:** son herramientas de control visual utilizados para dar una trazabilidad o un seguimiento automático y continuo al plan de producción. En la práctica normalmente se programa el tablero con un contador cuyo ritmo va en función del tiempo takt (tasa de compra del cliente). Además, se programa con otro contador que se actualiza con los registros de unidades terminadas enviados directamente desde la línea. De manera que puede considerarse el contador takt como la meta, y puede evidenciarse la diferencia respecto a la productividad real del proceso (López, 2019).

*Figura 13.*

*Tablero de información*



Nota: Tomado de López, (2019)

**Listas de verificación:** Las listas de verificación o checklists son herramientas de control visual que permiten que las actividades se ejecuten conforme a un procedimiento previamente establecido. Estas listas tienen muchas aplicaciones, y son frecuentemente utilizadas para seguir al pie procedimientos de seguridad y mantenimiento (López, 2019).

**Figura 14.**

*Lista de verificación*

**INSPECCIÓN DE ANDAMIOS**



FECHA: \_\_\_\_\_ DD/MM/AAAA  
 INSPECCIONADO POR: \_\_\_\_\_  
 ANDAMIO No: \_\_\_\_\_

ACTIVIDADES	SI	NO	OBSERVACIONES
La inspección es realizada por una persona competente?			
Las ruedas y husillos regulables están correctamente ajustados, lubricados y en buen estado?			
Los pilosios y plataformas tipo trampilla cuentan con un correcto nivel?			
Los pilosios y plataformas tipo trampilla están en buenas condiciones y no tienen aberturas, torceduras, cortes ni otros daños?			
Las escaleras y pasadores de las plataformas tipo trampilla se encuentran en óptimas condiciones?			
Se encuentran los andamios libres de desechos?			
Se encuentran los componentes pies verticales, largueros (2500 y 830) y diagonales en buenas condiciones, sin torceduras y hundimientos?			
Se encuentran los pasadores de los pies verticales, largueros (2500 y 830) y diagonales en buen estado?			
Se encuentran todos los componentes debidamente identificados?			

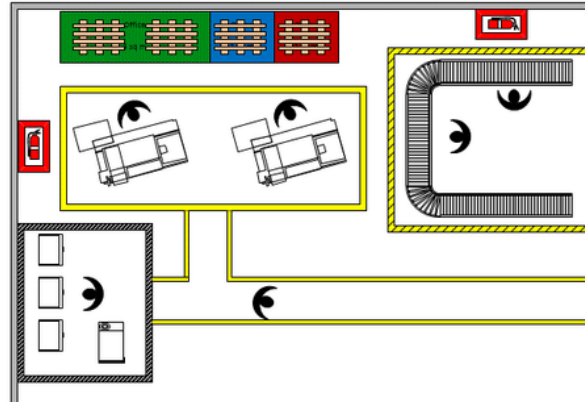
Nota: Tomado de López, (2019)

**Marcas en el piso:** Una de las principales herramientas de control visual para implementar orden, organización y estandarización, son las marcas en el piso. Estas marcas suelen realizarse por medio de cintas de vinilo con el propósito de identificar estaciones

puntuales de trabajo, producto, materia prima, para identificar áreas de tránsito, precaución y zonas seguras (López, 2020).

**Figura 15.**

*Marcas en el piso.*

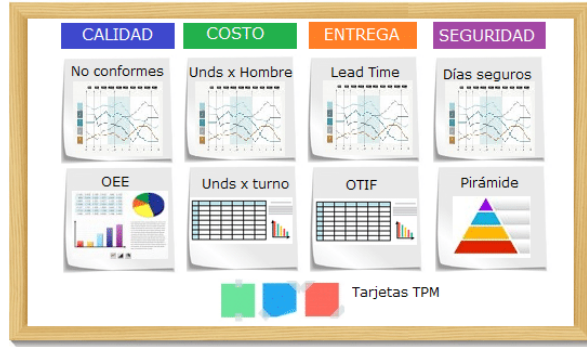


Nota: Tomado de López, (2019).

**Tableros de resultados:** son una herramienta de control visual utilizada para la inclusión de indicadores de desempeño. Tienen como principal objetivo evidenciar la forma en la que el rendimiento de los colaboradores tiene un impacto en los resultados de los procesos, de las líneas y de los objetivos organizacionales. Estas herramientas ofrecen información relevante y de valor agregado, por lo cual, un colaborador luego de analizar un tablero de resultados tendrá una amplia idea del estado de los procesos, y puede contribuir, entre otras cosas, a los cambios de línea, a la velocidad de respuesta, a las presentaciones de planta, a la motivación del personal, etc (López, 2019).

**Figura 16.**

*Tablero de resultados*

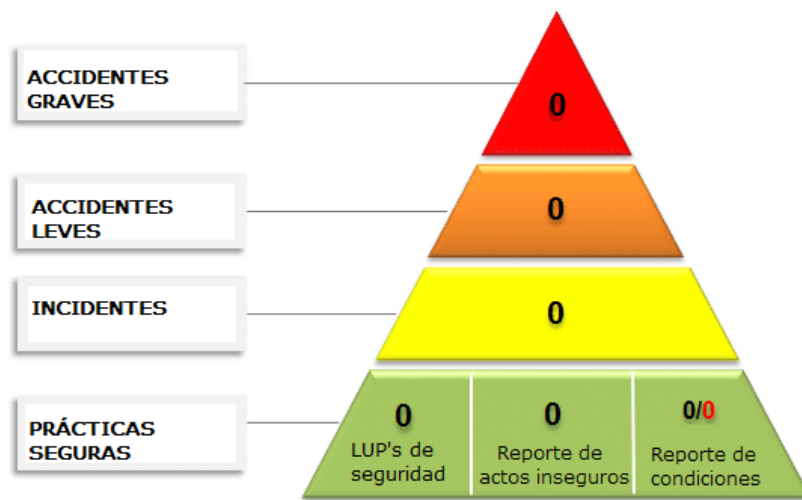


Nota: Tomado de López, (2019).

**Pirámide de seguridad:** Es una herramienta de control visual que sirve para representar los indicadores establecidos en la teoría de causalidad de Bird. Nos muestra la proporcionalidad existente entre los accidentes con pérdida de días laborales, los accidentes sin pérdida de días laborales, los accidentes con daños materiales y los incidentes. Además, puede complementarse con indicadores de días y prácticas seguras (López, 2019).

**Figura 17.**

*Pirámide de seguridad*



Nota: Tomado de López, (2019).

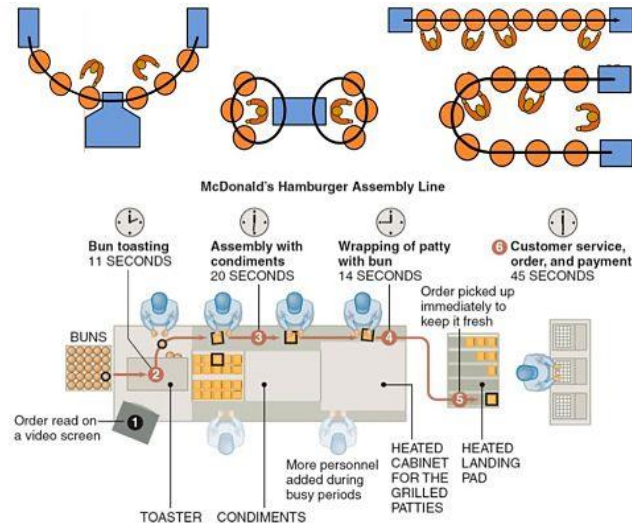
#### 4.6.10. Celdas de Fabricación

Una célula de manufactura o trabajo ordena varios equipos (y personal) en secuencia de proceso e incluye todas las operaciones necesarias para lograr completar un producto o una parte importante de esas operaciones.

Cuando las operaciones se han reordenado en una célula, los operarios pueden producir y transferir entre operaciones una pieza cada vez con más seguridad y menor esfuerzo.

**Figura 18.**

*Celda de Manufactura.*



Nota: Tomado de ingeniería de calidad, (2018).

#### 4.6.11. Jidoka

Jidoka es una metodología de origen japonés que significa: Autonomización de los defectos o Automatización con enfoque humano. Vale la pena considerar que el término Jidoka no debe confundirse con automatización industrial, y que, en su lugar, define un sistema de control autónomo sugerido por la metodología Lean Manufacturing.

Desde el punto de vista de Lean Manufacturing, el objetivo principal de Jidoka es el de dotar a los procesos de mecanismos de autocontrol de calidad, de tal manera que, ante una eventual situación anormal, el proceso se detenga de manera automática o manual, logrando reducir el número de unidades defectuosas que avanzan en el proceso. Así entonces, Jidoka es una metodología que bien puede recoger herramientas Poka Yoke y Andon como elementos de apoyo para alcanzar sus objetivos. (López, 2019a).

#### Tabla 7.

##### *Etapas de la autonomización*

Fase	Descripción
1.	<b><i>Autonomización del proceso:</i></b> Transferir el esfuerzo ejercido por el operario a una tarea mecánica.
2.	<b><i>Autonomización de sujeción:</i></b> Sustitución de la sujeción manual por sistemas mecánicos.
3.	<b><i>Autonomización de la alimentación de la operación:</i></b> alimentación automática; el operario puede intervenir en caso de que observe un error en la actividad.
4.	<b><i>Autonomización de las paradas:</i></b> El sistema detiene correctamente la máquina del proceso.

**Continuación de la tabla 7.**

5. ***Autonomización de retornos:*** Una vez detenido el proceso, el sistema retorna a su situación de inicio.
  6. ***Autonomización de retirada de unidades:*** Finalizado el proceso y el retorno, las unidades pueden ser retiradas automáticamente de manera que las siguientes unidades se carguen sin manipular las anteriores.
  7. ***Mecanismos Poka-Yoke y Andon:*** Instalar dispositivos con capacidad de detectar errores, detener el proceso y alertar al sistema.
  8. ***Autonomización de carga:*** Las unidades son cargadas sin necesidad del operario.
  9. ***Autonomización de inicio:*** El equipo debe comenzar a procesar unidades de forma autónoma.
  10. ***Autonomización de transferencia:*** Las operaciones de enlace entre procesos deben implementar sistemas de transferencia que limiten la intervención del operario.
- 

Adaptado de: «Lean Manufacturing: Conceptos, técnicas e implementación» – EOI

## 5. **Herramientas operativas del Lean Production dentro del sector agropecuario**

A continuación, se hace una descripción de los documentos encontrados en la revisión literatura de las herramientas de lean manufacturing aplicadas en el sector agropecuario. Asimismo, en el apéndice A se encuentra una tabla que registra una descripción de las técnicas usadas en la documentación encontrada junto con su respectivo

vínculo. La tabla 8 presenta la cantidad de documentos que mencionan el uso de las técnicas dentro de la ejecución del proyecto.

**Tabla 8.**

*Herramientas Lean usadas en el sector agropecuario.*

<b>Herramientas</b>	<b>Cantidad de documentos</b>
5'S	6
Kanban	3
SMED	2
VSM	14
KPI	6

Estas técnicas han dado grandes beneficios en empresas inicialmente pertenecientes al sector manufacturero, pero ahora han migrado a otros sectores como el sector agropecuario donde también han obtenido excelentes resultados, proporcionando un aumento en la eficiencia y la eficacia de las empresas lo cual ha llevado a reducir costos, eliminar desperdicios, disminuir los tiempos, el esfuerzo del personal, aumentando la competitividad entre estas empresas.

Es importante resaltar que lean se puede aplicar para todas las granjas, de pequeña y gran escala que están abiertas al cambio. Muchos agricultores han estandarizado sus procedimientos y continuamente están la búsqueda de mejores prácticas para mejorarlos.

### 5.1. 5's

5S es un proceso para organizar, limpiar y mantener un lugar de trabajo. El objetivo de 5S es crear un lugar de trabajo seguro, estándar, eficiente y efectivo para todos los empleados. No se trata solo de ordenar, lavar los patios y pisos o embellecer la finca.

5S debe formar la base del enfoque de trabajo para el que está empleado. Es parte fundamental de un Lean Farm y ayuda a identificar y eliminar los desperdicios. Con la implementación de las 5S se contribuye a dejar de perder tiempo, reducir costos, ser más productivo y administrar una mejor operación agrícola.

En esa misma línea, Barth y Melin (2018) propusieron un marco de implementación Lean que puede ser utilizado en las granjas pequeñas y medianas adoptando un enfoque de investigación orientado a la implementación de un enfoque Green Lean (que incluía las 5S) en 34 granjas suecas. Así, los agricultores destacaron los problemas de seguridad que podían resolverse implementando 5S en el entorno de trabajo, como, por ejemplo, los empleados que usaban amoladoras de disco debían usar una cuerda cuando trabajaban en niveles elevados o empleados que tenían que empujar las carretillas por pesebres resbaladizos y cuando se rompían las manijas de estas, tenían un mayor riesgo de lesionarse.

Por otro lado, Valverde, De La Cruz, et al. (2019), implementaron las 5S en su caso de estudio de empaque de aceitunas negras en la línea de proceso, lo que permitió resolver el problema de tiempos muertos por limpieza. Se realizó una inspección en cada uno de los espacios de trabajo del proceso para evaluar los equipos, documentos y herramientas

utilizadas para comparar el estado actual con el orden que resultó después de la implementación.

Asimismo, Bengtsson & Johansson (2010) realizaron un estudio de Lean production en empresas lácteas, donde estudiaron 2 empresas a las cuales se les estimó cuáles eran las horas de trabajo por tareas. Los resultados mostraron que la mayor parte del tiempo de trabajo se dedicaba al negocio lácteo, sin embargo, el tiempo no se dedicaba ni al proceso de ordeño ni a la preparación del alimento. Aumentando las sospechas de los autores de que se requiere más trabajo estandarizado, para ver qué se está haciendo y cuánto tiempo tomará en estos procesos e implementando al mismo tiempo las 5S para obtener beneficios en áreas de trabajo como el ordeño y la preparación de alimento de las vacas.

Finalmente, en la revisión de artículos también fue posible observar cómo implementaron las 5S dentro del sector agrícola específicamente en la producción de Uchuva en una empresa colombiana. Leguizamón, Melo, Rodríguez & Soler (2020) afirman que: Tras enumerar 5 etapas importantes para implementar las 5s (selección, orden, limpieza, estandarización y autodisciplina) cada una de estas debía ser realizada por cada líder de área donde se iba a aplicar en conjunto con el personal que se tuviera a cargo. En este caso fue implementado en el proceso de recepción del fruto, la selección de este y finalmente su empaque. Entre algunas de las oportunidades de mejora que encontraron tras aplicar la metodología están:

- Contar con una bodega o espacio de almacenamiento de materiales con su respectivo stock

- Una vez se utilicen los materiales en especial del área de empaque se debe realizar la disposición de los residuos de manera simultánea y al final de la labor evitando que se acumulen y generen confusión y contaminación.

Para tener éxito y eficacia, 5S debe convertirse en una forma estándar de trabajar en la granja y todos deben estar a bordo y comprometidos con el mantenimiento de 5S.

¿En dónde se usa?

- ✓ En una sección del granero.
- ✓ En el cuarto de herramientas
- ✓ En el lugar de castración

### **5.5. Kanban**

Kanban significa "señal" en japonés. Es un método de gestión de compras para que nada falte o se compre más de lo necesario para el stock. Una Kanbancard envía una señal al proveedor o al comprador cuando es necesario llenarla. Kanban también se utiliza en la producción agrícola para indicar qué se debe producir, cuándo y cuánto. Se utiliza un sistema Kanban para producir solo lo que se necesita en lugar de llenar las existencias internas.

Esta herramienta se puede utilizar en los lugares de la granja donde sea obvio el uso de las tarjetas Kanban como la zona de instrumentos, jeringas, medicamentos, minerales y vitaminas.

Hartman (2015), en su libro "The Lean Farm" explica cómo usar Kanban en su granja como señales visuales que les indican cuando llega la hora de reemplazar y les ayuda a organizar las semillas para tenerlas ordenadas de manera oportuna. Ellos lo utilizan en las

camas de germinación del invernadero con el objetivo de mantenerlas llenas todo el tiempo a excepción del invierno. Los cultivos en el campo son como piezas de contenedores de brenneman en la fábrica de remolques ya que cuando un contenedor de piezas se desocupa, se reemplaza, con la diferencia de que no siempre reemplazan los artículos cosechados con el mismo artículo, sino que plantan lo que sea más rentable en ese momento.

Al mismo tiempo, explica como el aplicar Kanban ha sido clave para la obtención de altos márgenes de ganancia ya que la plantación Kanban garantiza que se minimicen los costos fijos debido a que todas las parcelas se encuentran en uso. La siembra Kanban les permite reemplazar artículos de menor ganancia con artículos de mayor ganancia cada vez que planten. El sistema es muy flexible y en lugar de imponer un horario rígido y un mapa de campo, utilizan Kanban para responder rápidamente a las condiciones de la granja y el mercado.

**Figura 19.**

*Señal Kanban en las camas de cultivo en la granja de Ben Hartman.*



Nota: Tomado del libro *The Lean Farm*, Ben Hartman, (2015).

## 5.6. VSM

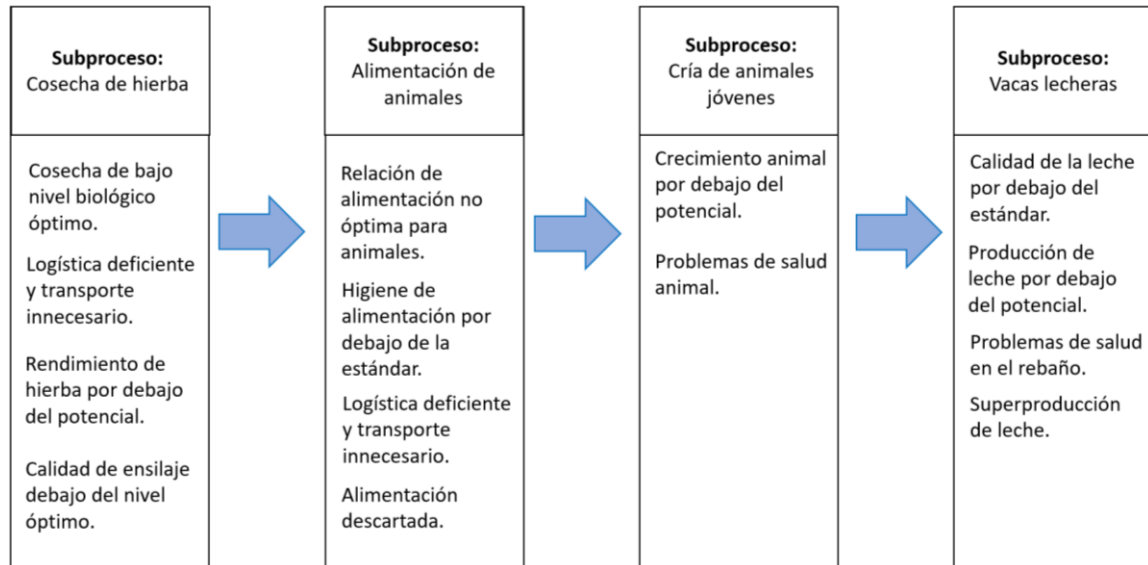
De los pocos estudios de Lean en el sector agrícola se destaca el estudio de Folinas et al. (2013), que exploró el Value Stream Mapping (VSM) como una herramienta de mejora eficaz y eficiente, incluyendo su uso en la ecologización de la cadena de suministro agroalimentaria.

Por otro lado, Jiménez et al. (2011) profundizaron en la aplicación del concepto lean en la industria del procesamiento de vino. Los autores utilizaron VSM como la herramienta principal para identificar los desechos del proceso, desarrollaron mapas presentes y futuros identificando las áreas de mejora.

En un artículo publicado en la revista de producción más limpia (Barth & Melin 2014), presentan los resultados de la implementación lean en 34 granjas en Suecia. Los participantes identificaron sus flujos de valor en la granja utilizando Value Stream Mapping (VSM) para descubrir áreas de desechos, especialmente áreas de desechos perjudiciales para el medio ambiente que resultan del uso inadecuado de los recursos. Aunque los subprocesos diferían entre los tipos de producción, se identificó un patrón entre granjas con el mismo tipo de producción como se muestra en la Figura 21 que presenta los resultados de VSM para la producción lechera.

### **Figura 20.**

*VSM para la producción lechera en granjas suecas.*



Nota: Adaptado de Barth & Melin, (2014).

De igual forma, Melin & Barth utilizaron el VSM para ayudar a la granja lechera a lograr un desarrollo organizacional sostenible. El proyecto fue iniciado por la sociedad agrícola y de Economía rural en Halland y el principal objetivo era ayudar a la granja a convertirse en una operación más rentable y sostenible mediante el uso de VSM.

Finalmente, de Oliveira F, Forbes H, Schaefer D et al. en su estudio de caso sobre principios lean en la agricultura vertical utilizaron VSM para analizar las funciones de cosecha, empaque y entrega en las operaciones agrícolas, donde pudieron identificar la inconsistencia en el tiempo por actividad debido a la falta de estandarización, así como una clara necesidad de reducir el número de controles de calidad y capturar datos del proceso. El resultado fue la identificación de cuellos de botella, los cuales se pueden mejorar introduciendo métricas y controles visuales tales como señalización, para tener un aceptable producto de calidad.

VSM es una herramienta útil para abordar un sistema que requiere “observar el todo” y repensar las funciones para mejorar los procesos, de esta forma es posible lograr:

- ✓ Todo el mundo es observador y puede identificar los residuos en la granja.
- ✓ Mayor flexibilidad, porque todos los empleados conocen todos los pasos del proceso y saben por qué y cómo resolver todas las tareas.
- ✓ Los empleados empiezan a pensar diferente y a proponer sugerencias de mejora.
- ✓ Los empleados están motivados, porque están involucrados en la creación de mejoras.

### **5.7. SMED**

En un estudio realizado SMED se utilizó con éxito para reducir el tiempo de cambio entre lotes de la producción de carne de cerdo y entre periodos de limpieza para el equipo de ordeño en la producción de lácteos (Barth y Melin, 2018).

SMED también se utilizó para validar una propuesta de simulación en una granja de producción de aceitunas (Valverde-Curi et al, 2019), se utilizó esta herramienta para analizar los datos obtenidos de la simulación utilizando el software arena para el intercambio de troqueles. El problema por solucionar es el 100% de incumplimiento de la demanda y se determinó que una de las causas era el cambio de los troqueles. Los resultados de la simulación mostraron que luego de la implementación el tiempo de preparación tuvieron una mejora con respecto a los tiempos que se tenían inicialmente.

Del mismo modo, fue posible conseguir mayor capacidad y ahorro de horas de trabajo. Los tiempos de cambio más cortos significan que las máquinas pueden producir

más al tiempo que los empleados se vuelven más eficientes. Además, es posible reducir las horas de máquina al tener menos tiempo inactivo y perdido en estas.

## **5.8. KPI**

Estudios demuestran el uso práctico que posee la técnica KPI en el sector agropecuario. En el primer caso, utilizaron los KPI para construir un modelo LGS (Lean Green Synergy) soportado en una plataforma web para la evaluación de la integración de los sistemas Lean y Green en propiedades productoras de café especial.

En esa misma línea, el modelo se dividió en dos partes: la primera, abarca los conceptos básicos del modelo (los factores del modelo utilizados en todas las evaluaciones de madurez independientemente del sector industrial y las características de la empresa a ser evaluado); y el segundo compuesto por los conceptos variables (el conjunto de características que necesitarán ajustes, dependiendo del sector industrial al que se aplicará la LGS). De esta forma, lo primero que se realizó fue identificar el nivel de madurez Lean and Green dentro de la empresa clasificado en 5 niveles (caótico, estabilización, estandarización, mejoramiento e innovación), teniendo en cuenta que el modelo LGS trabaja con un conjunto de 20 métricas de evaluación de madurez (10 Lean y 10 Green) las cuales están compuestas por indicadores de desempeño y un cuestionario.

Luego de la selección, se verificó la aplicabilidad dentro del sector cafetalero a través de entrevistas a directivos de empresas de este sector. Las entrevistas tuvieron como objetivo determinar si las empresas que monitorean las variables necesitaban implementar los indicadores seleccionados o si ya tienen implementados estos indicadores. Después, se realizó un nuevo juicio de expertos para validar los indicadores seleccionados o proponer

los cambios necesarios. Se determinó que el conjunto de empresas en las que se realizaron las entrevistas ya controlan por lo menos el 50% de las variables necesarias para implementar los indicadores. Así, en esta etapa del estudio se definieron 18 de las 20 métricas que componen el modelo LGS. Las 2 métricas faltantes se desarrollaron en el cuestionario, el cual fue hecho para extraer información que no se puede medir a través de indicadores de desempeño. Tras tener establecido el modelo, se realizó la evaluación en fincas productoras de café ubicadas en el departamento de Quindío, Colombia, el cual tiene su economía basada en pequeñas propiedades que producen cafés especiales.

De esta forma fue posible mostrar como en el sector cafetalero, LGS fue eficaz para establecer el nivel de madurez de las propiedades analizadas. Según la retroalimentación de los gestores, la aplicación del modelo permitió tomar decisiones en cuanto a la elaboración de planes de acción en la búsqueda de mejoras de calidad y productividad asociadas a la protección del medio ambiente. Entre algunos de los indicadores que utilizaron se encontraban:

- Residuos por unidad de producción
- Porcentaje de materiales usados que son reciclados
- Productividad laboral
- Inversiones en nuevos equipos
- Gastos e inversiones en protección ambiental

## **6. Procesos que conforman el sector agropecuario**

Los procesos misionales que se identificaron en el sector agropecuario fueron los siguientes:

- Planificación
- Producción
- Comercialización
- Distribución

### **6.1.Relación de los procesos misionales y las técnicas lean**

Mediante la utilización del Value Stream Mapping los granjeros pueden identificar las áreas de desechos, especialmente áreas de desechos que son perjudiciales para el medio ambiente y que resultan de un uso inadecuado de los recursos.

Una vez identificadas las áreas de desperdicios mediante el VSM es necesario establecer el plan de acción necesario para elegir las herramientas lean y para planificar la implementación del Lean. Debe estar muy clara la idea que las actividades que no agreguen valor deben minimizarse.

En el proceso de planificación en las granjas donde se ha aplicado lean se utiliza el Weekplaner donde se planifica el trabajo a realizar cada semana. El objetivo es hacer ajustes rápidos y semanales del plan de trabajo regular donde todos los empleados se involucran y se informan para tener claridad acerca del plan de trabajo. El WeekPlaner es una pizarra blanca que se debe colocar en un lugar destacado de la producción, donde todos pasen todos los días y puedan tener acceso a la información fácilmente.

Este proceso es muy importante ya que de él depende que todo salga de la mejor manera y que todos en la granja trabajen en la misma dirección de tal forma que se puedan cumplir los objetivos tratados en el plan de acción y la planeación estratégica de la misma.

Es importante conocer el proceso que rodea la producción ajustada. En el caso de la aplicación de lean en la agricultura existen las siguientes características importantes:

1. Procesos de producción Biológicos
2. Plazos de entrega prolongados
3. Baja variabilidad del producto y entorno altamente repetitivo
4. Las características de la granja.

La producción agropecuaria se basa en procesos biológicos en los que se agrega valor continuamente a medida que crecen los animales o maduran los cultivos. Las actividades que impulsan los procesos biológicos aumentan el flujo de valor y las actividades que aprovechan el mismo proceso hacen lo contrario. A medida que avanzan los procesos biológicos, se dispara la demanda de diferentes actividades de manejo, todas con un tiempo óptimo de intervención, es decir, la necesidad de ser justo a tiempo es fundamental en la producción agrícola.

En el proceso de comercialización los plazos de entrega, por ejemplo, el tiempo que transcurre desde la siembra hasta la cosecha de los cultivos, son relativamente largos en comparación con la mayoría de la producción industrial y están más o menos predispuestos por la herencia genética de la variedad. Como consecuencia, la agricultura se planifica con al menos uno o varios años de anticipación y los productos agrícolas se ven empujados a un mercado altamente volátil, donde los precios dependen mucho del clima en diferentes partes del mundo. En estas circunstancias, la producción ajustada es incapaz de responder a las grandes fluctuaciones de la demanda, y la introducción de la producción pull y Kanban es difícil en la agricultura.

El diseño de la distribución en todas las fincas estudiadas no está planificado desde un punto de vista lean. Esto es en parte una consecuencia de las leyes y reglamentos. Por ejemplo, debido a la sanidad animal y problemas de bienestar, los animales se mantienen apartados y a menudo en edificios separados, esto causa movimiento adicional para los empleados cuando los animales se mueven entre grupos, lo cual es un problema de pérdida de tiempo. Este desperdicio a menudo aumenta utilizando edificios con una mala distribución.

## **7. Comparación de la implementación de las técnicas lean entre el sector manufacturero y el sector agropecuario.**

La filosofía Lean se ha aplicado en diversos sectores de la economía con gran éxito. Las herramientas que se han aplicado varían dependiendo las necesidades de cada organización. En el caso particular del sector agropecuario se han logrado implementar las herramientas como 5S, VSM, SMED, Kanban y KPI.

A continuación, se presentan varios cuadros comparativos respecto a cada una de las técnicas en donde se puede observar ¿dónde se aplica?, ¿cuál es el propósito?, y ¿cuál es el foco de análisis? tanto en el sector manufacturero como en el sector agro.

**Tabla 9.**

*Diferencias de implementación de la herramienta 5s en el lean manufacturing y el lean farming.*

5S	Lean Manufacturing	Lean farming
<b>¿Dónde es aplicada?</b>	En cada Estación de trabajo de un taller de producción y en las áreas compartidas del taller/fábrica	Las 5S se puede aplicar en cualquier parte de la granja, como, por ejemplo: en el proceso de ordeño de las vacas, en la preparación del alimento de los animales, en el proceso de selección del fruto y en el empaque del fruto.
<b>¿Cuál es su propósito?</b>	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.	Ahorrar tiempo evitando la búsqueda de herramientas a utilizar en las labores de la granja, requerir menos espacio porque queda lo fundamental, mayor organización y mejor ambiente en el lugar de trabajo.
<b>¿Cuál es el foco de análisis o control?</b>	Desorden y Suciedad en Estaciones de Trabajo y áreas del taller.	Desorden y suciedad en el cuarto de herramientas de la granja, en los cuartos de ordeño y en los cultivos.

**Tabla 10.**

*Diferencias de implementación de la herramienta VSM en el lean manufacturing y el lean farming.*

VSM	Lean Manufacturing	Lean farming
<b>¿Dónde es aplicada?</b>	En iniciativas de gestión asociadas análisis y reducción del Lead Time de un proceso productivo.	El VSM se puede aplicar en cualquier área y proceso de la granja, en el cual se tengan desafíos como puede ser demasiadas horas hombre por unidad producida, la tasa de mortalidad de muchos animales, demasiados accidentes en la granja y pérdidas de tiempo en transporte de insumos y materiales.
<b>¿Cuál es su propósito?</b>	Identificar alternativas de mejoramiento y reducción de tiempos del proceso productivo.	Identificar los flujos de valor en la granja para descubrir áreas de desechos, especialmente áreas de desechos perjudiciales para el medio ambiente que resultan del uso inadecuado de los recursos.
<b>¿Cuál es el foco de análisis o control?</b>	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).	El flujo de información y material en cada fase del proceso de la cosecha de los cultivos y el proceso de cría de los animales.

**Tabla 11.**

*Diferencias de implementación de la herramienta Kanban en el lean manufacturing y el lean farming.*

Kanban	Lean Manufacturing	Lean farming
<b>¿Dónde es aplicada?</b>	Entre 2 estaciones de trabajo consecutivas	En la gestión de compras de insumos y semillas para que nada falte o se compre más de lo necesario para el stock. Una Kanbancard envía una señal al proveedor o al comprador cuando es necesario llenarla.
<b>¿Cuál es su propósito?</b>	Regular y mantener balanceado la cantidad de unidades de producción que fluyen permanentemente entre las Estaciones de trabajo del taller/fábrica.	Producir solo lo que se necesita en lugar de llenar las existencias internas. Indicar qué se debe producir, cuándo y cuánto.
<b>¿Cuál es el foco de análisis o control?</b>	El flujo ordenado, nivelado y controlado de los productos que transitan a lo largo del proceso de producción	Desperdicio de material, tiempo y trabajo extra.

**Tabla 12.**

*Diferencias de implementación de la herramienta SMED en el lean manufacturing y el lean farming.*

SMED	Lean Manufacturing	Lean farming
<b>¿Dónde es aplicada?</b>	Centros de trabajo que poseen tiempos de alistamiento de máquina muy altos.	Actividades que utilicen maquinaria (cambio a vacas de hospital de ordeño requiere un cambio, sustitución de herramientas en tractores, empacar otra verdura o planta en la misma máquina empacadora, plantas de elevación en un campo nuevo, entre otros).
<b>¿Cuál es su propósito?</b>	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.	Tener mayor capacidad y ahorro de horas de trabajo. Los tiempos de cambio más cortos significan que las máquinas pueden producir más y los empleados se vuelven más eficientes. Menos horas de máquina. Hay menos tiempo inactivo y perdido en las máquinas
<b>¿Cuál es el foco de análisis o control?</b>	El tiempo de Alistamiento de las máquinas	Tiempos de cambio en las máquinas y herramientas utilizadas en la granja.

**Tabla 13.**

*Diferencias de implementación de la herramienta KPI en el lean manufacturing y el lean farming.*

KPI	Lean Manufacturing	Lean farming
<b>¿Dónde es aplicada?</b>	Procesos empresariales que permita aplicar indicadores de desempeño.	Producción de alimentos, finanzas de la granja o finca, inventario. Además, es posible usarlo para medir el nivel de madurez empresarial a nivel Lean and Green.
<b>¿Cuál es su propósito?</b>	Cuantificar los resultados que ha tenido una determinada acción o estrategia en función de los objetivos previamente establecidos.	Aumentar la productividad y las ganancias, ahorrar tiempo en el programa agropecuario, toma de decisiones comerciales más informadas.
<b>¿Cuál es el foco de análisis o control?</b>	Evaluar el éxito de la organización.	Evaluar el éxito de la granja/finca/empresa.

## 8. Análisis del impacto

En este capítulo se hace un análisis del impacto ocasionado al aplicar las herramientas lean en el sector agropecuario.

Al aplicar las herramientas y el pensamiento lean en el sector agro, se logra obtener resultados sostenibles y tangibles.

Un ejemplo de estos beneficios se encuentra en la producción de lácteos, donde una serie de actividades en los principales subprocesos producen cantidades significativas de gases de efecto invernadero (Melín et al., 2013). Los productores de leche necesitan sistemas que minimicen la emisión de dichos gases y al mismo tiempo garanticen la salud y la capacidad productiva de sus rebaños. El éxito de tales sistemas depende de la cría adecuada de animales, rutinas estandarizadas y el compromiso de empleados bien capacitados. En este estudio, el uso de Lean en los procesos de producción de lácteos (y otros) ayudó a establecer y mantener tales sistemas.

En Suecia, el objetivo de dos iniciativas verdes, que están dirigidas a los agricultores, es principalmente reducir los gases de efecto invernadero resultantes de las actividades agropecuarias. Una iniciativa es el sello de certificación climática Sigilo Svenskt (Sello Sueco) que se otorga a fincas que intentan reducir dichas emisiones y que promueven productos alimenticios amigables con el clima. La certificación climática “se centra en la reducción del impacto climático, pero también hay otros resultados positivos, como la reducción de la eutrofización, el aumento de la biodiversidad y los sistemas energéticos sostenibles” (sigilo svenskt, 2018).

Una segunda iniciativa verde en Suecia es el programa Focus on Nutrients que apoya a los agricultores con conocimientos y herramientas que pueden usar "para implementar medidas ambientales y climáticas rentables". La misión de Focus on Nutrients es, entre otras cosas, reducir la pérdida de nutrientes en el aire y el agua a partir de la producción de ganado y cultivos y reducir los efectos nocivos de los pesticidas y las emisiones de gases de efecto invernadero.

Son pocos los estudios que presentan datos acerca de los impactos obtenidos de la implementación de las técnicas lean en el sector agrícola. De estos pocos estudios se puede resaltar uno que fue realizado en 34 granjas de Suecia en el que se adopta un enfoque de investigación que se centra en la implementación de un enfoque Green lean en estas granjas haciendo uso de varias herramientas lean.

Las herramientas que más se utilizaron en dicho programa fueron las 5S, estandarización y VSM. Estas herramientas se usaron para administrar procesos de trabajo de rutina, como ordeñar vacas, alimentar animales, mantener los vehículos y equipos, limpiar el lugar de trabajo y estandarizar la ubicación de los materiales y equipos. De las 34 granjas que participaron en el estudio, solo 16 presentaron una auditoria final informado los efectos positivos en la estructura y el entorno del lugar de trabajo.

Estos agricultores usaron estas herramientas para reducir el tiempo de búsqueda de herramientas y materiales, para hacer que el lugar de trabajo fuera más seguro y para mejorar las rutinas de eliminación y reciclaje de desechos. Varios de ellos observaron que lo anterior causo un aumento en la eficiencia del uso de los recursos.

Los desechos agrícolas que más se observaron durante el programa consistían en transporte, inventario, movimiento y defectos. Otros desechos que también se identificaron fueron las emisiones de gases de efecto invernadero, el exceso de consumo de combustible Diesel y el derrame de alimentos.

Se introdujeron de manera práctica y sencilla algunos cambios necesarios para reducir el efecto negativo de las áreas de desechos en las granjas. Por ejemplo, con las nuevas rutinas para verificar los niveles de grano en los silos de alimentación, la escasez de alimento fue menos frecuente. En varias granjas, la implementación de rutinas simplificadas y procedimientos de trabajo estandarizados para la cría de terneros, el ordeño, la limpieza de los establos y los controles de salud de los animales tuvo un efecto positivo en la salud y el rendimiento de los animales.

También se pudieron establecer efectos ambientales positivos. Por ejemplo, se realizaron caminatas de desechos en las que se identificaron problemas de seguridad en el trabajo y observó varios ejemplos de desperdicio, incluido el desperdicio de energía, agua y recursos humanos. Mediante el uso de un diagrama de espagueti se pudo presentar el flujo, la distancia y los tiempos de espera para el transporte dentro de la granja en un esfuerzo por reducir el tiempo de transporte de animales, alimentos y otros materiales en vehículos pesados que emiten gases de efecto invernadero.

Uno de los granjeros resalto como, un cargador pesado tenía que ser conducido seis kilómetros, varias veces al día para la distribución de alimentos para el ganado. Las mejoras en las ubicaciones de los silos de almacenamiento de alimentos podrían reducir el uso de diésel en aproximadamente un 50 %. Estas mejoras en el almacenamiento a granel de semillas y fertilizantes también fueron posibles en la producción de cultivos.

Además, las emisiones de gases de efecto invernadero de la producción lechera disminuyeron con la reducción de la edad del primer parto. Con esta práctica, se requiere menos alimento y disminuye la producción de metano del metabolismo. Aunque no se calculó en este estudio, estudios anteriores muestran que un típico sueco lechería (con 80 vacas) puede reducir su CO<sub>2</sub> anual<sup>2</sup> equivalentes en 15 toneladas si una vaca tiene su primer ternero alrededor de los dos años. Además, las emisiones de fósforo y nitrógeno en el estiércol animal disminuyen si aumenta la eficiencia alimenticia. El exceso de nitrógeno se excreta en la orina como nitrógeno volátil que desaparece fácilmente en el aire y el agua sin efectos nocivos para el medio ambiente

## **8.1. Ventajas y barreras de la implementación.**

### **8.1.1 Ventajas**

Tras haber realizado la lectura y el análisis de los documentos y libros estudiados, fue posible identificar diversos beneficios al implementar las herramientas del Lean Manufacturing en el sector agro, entre estas ventajas se encuentran:

- **Ventajas en la calidad del trabajo:** El gerente Anders Jokumsen dice que las herramientas Lean le han brindado a él y a los empleados una mejor visión general de la producción en la finca/granja. Se observa un avance en los resultados de producción debido a la sistemática de la gestión del desempeño semanal y de la creación de mejoras. Debido a que los empleados se han involucrado, la calidad del trabajo ha mejorado, pueden ver cómo afecta el resultado cuando hacen bien el trabajo y entienden mejor el trasfondo. También han mejorado en la toma de decisiones en su trabajo diario (Nielsen, V. F., & Pejstrup, S, 2018).

- Ventajas en la disminución de costos: Esbjerg Dairy ha trabajado con Lean desde 2007. Jefe de la lechería Jan Vra Mikkelsen dice que, aunque siempre se ha trabajado en la optimización de los procesos, hay algunos principios básicos en Lean que han mejorado mucho la lechería. Cuando se le preguntó cuál ha sido el efecto, Jan Vra Mikkelsen menciona los costos de conversión. Dichos costos son por ejemplo el costo de salarios, energía, maquinaria, administración, etc., todos los costos de convertir la leche cruda en productos terminados. Los costos de conversión disminuyeron entre un 10% y un 15% en los primeros tres años con Lean a pesar de que el aumento general de salarios, energía, etc. en el mismo período fue de alrededor del 10% (Nielsen, V. F., & Pejstrup, S, 2018).

En el libro *The Lean Dairy Farm* (Hocken, Mat, and Jana Hocken, 2019) se pueden resaltar las siguientes ventajas:

- Ventajas para el cliente:
  - ✓ Producción a tiempo más rápida.
  - ✓ Producto de mayor calidad.
  - ✓ Mayor cantidad de producto si se requiere.
  - ✓ Disminución de los costos traducido en un valor agregado.
- Ventajas para la granja:
  - ✓ Aumento en el compromiso de las personas que trabajan en la granja.
  - ✓ Ayuda a cumplir los objetivos comerciales (costo, calidad, servicio).
  - ✓ Fomenta el intercambio de conocimientos entre los equipos.
  - ✓ Reduce la rotación de personal.

- ✓ Alienta a las personas a cuestionar el statu quo y encontrar mejores formas de hacer las cosas (innovación).
- ✓ Tiempo para centrarse en actividades de valor añadido.
- ✓ Calidad mejorada = menos reelaboración
- Ventajas para los empleados:
  - ✓ Aumenta la satisfacción laboral: se tiene algo que decir sobre cómo funcionan las cosas.
  - ✓ Elimina elementos frustrantes del trabajo.
  - ✓ Capacita a las personas para que tomen medidas para mejorar el negocio.
  - ✓ Cuando se logra que el trabajo sea más eficiente se mejora el equilibrio entre el trabajo y la vida personal.
  - ✓ Mejor lugar para trabajar.
- Ventajas para los animales y cultivos:
  - ✓ Vacas más sanas.
  - ✓ Manejo adecuado de animales y cultivos con mejor estandarización/procesos.
  - ✓ Mejor cuidado de los animales y de los cultivos.
  - ✓ Diagnóstico y tratamiento oportunos/precisos (estándares y herramientas/materiales correctos).

### **8.1.2. Barreras**

En el agro, se trabaja con seres vivos que son sensibles al entorno externo, lo que prohíbe la implementación de ciertas prácticas magras. Wendel Berry “El agricultor vive y

trabaja en el lugar de encuentro de la naturaleza y la economía humana. Los agricultores se adaptan a su agricultura, a sus granjas, se ajustan a las leyes de la naturaleza y mantienen poderes y servicios naturales intactos, o no lo están” (Melin & Barth, 2018).

Por ejemplo, en la producción animal hay varios factores externos como el clima, problemas de salud animal y variaciones naturales en los parámetros del suelo que dan como resultado una gran variación en el rendimiento y la calidad del producto. Dichos factores son difíciles de controlar y presentan barreras para la implementación Lean.

Además, la preocupación por el medio ambiente y el bienestar de los animales también presenta barreras para ciertas prácticas magras. Para citar a uno de los productores de leche: “La agricultura es especial porque suceden cosas todo el tiempo que hacen que los procesos de producción sean inestables (especialmente el clima y los animales). La industria manufacturera es más predecible y es más fácil trabajar estandarizado”.(Melin & Barth, 2018).

La implementación de Lean en el sector agro no es sencilla debido al hecho de que los procesos de producción involucran cosas vivas.

## **9. Resultados**

### **9.1. Artículo de carácter publicable**

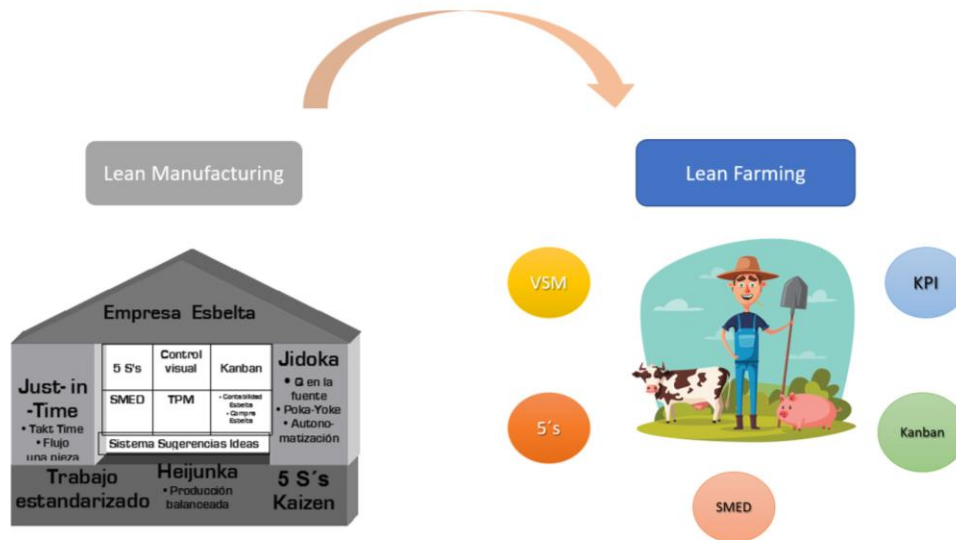
El artículo se encuentra relacionado en el apéndice D adjunto a este documento.

## 9.2. Esquema gráfico en el que se identifica las herramientas que se han adaptado en el sector agropecuario

En el siguiente esquema se presentan las herramientas que se han adaptado del lean manufacturing y se han utilizado en el sector agropecuario.

**Figura 21.**

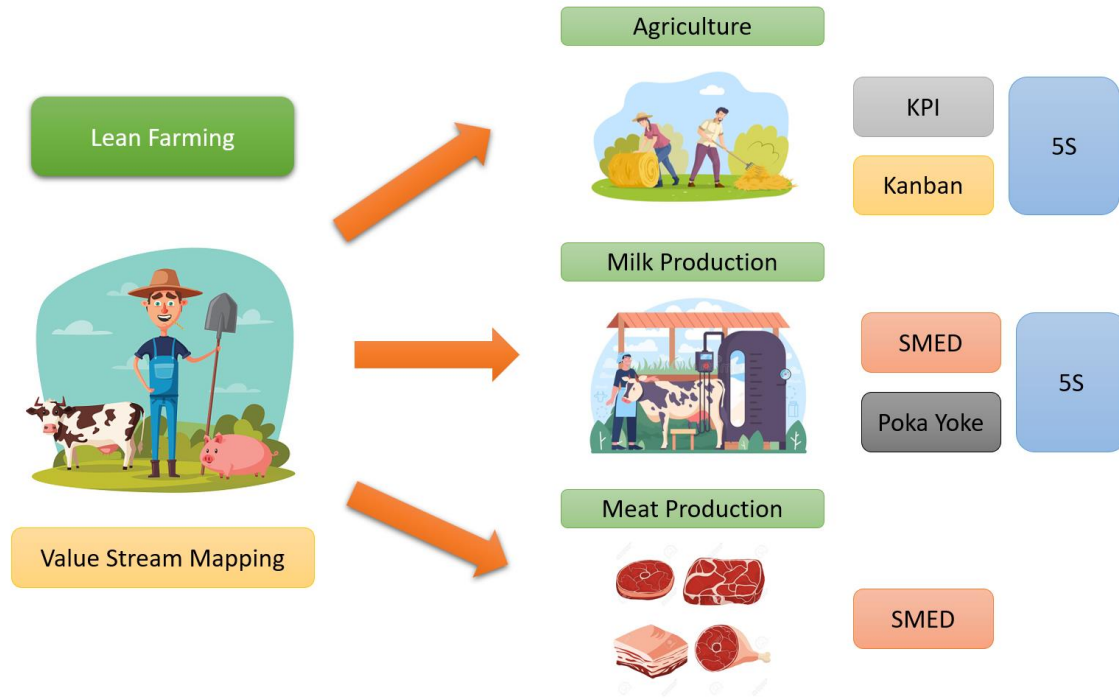
Herramientas del lean manufacturing que se han aplicado en el sector agro.



Como se puede apreciar en la figura 22 Lean manufacturing cuenta con una infinidad de herramientas que se han aplicado en la industria manufacturera alcanzando niveles altamente rentables y competitivos. De estas herramientas sólo algunas se han podido adaptar y aplicar en el sector agropecuario tal y como se describe en este trabajo de investigación las cuales son: Value Stream Mapping, las cinco S, SMED, Kanban y KPI. En la figura 23 se presentan los subsectores del sector agro en los cuales según la investigación realizada se han aplicado las herramientas mencionadas anteriormente.

**Figura 22.**

*Esquema gráfico que representa las herramientas lean que se han utilizado en cada subsector del sector agro*



Se encontró que la herramienta que más ha sido usada es el Value Stream Mapping o VSM, la cual se utiliza para identificar las áreas de desechos, especialmente áreas de desechos que son perjudiciales para el medio ambiente y que resultan de un uso inadecuado de los recursos. Una vez identificadas estas áreas de desperdicios mediante el VSM, se puede establecer un plan de acción para elegir las herramientas y para planificar la implementación Lean.

Agregando a lo anterior, en la agricultura se han implementado las herramientas 5s, KPI y Kanban. Las 5s son parte fundamental para un granjero Lean ya que con la implementación de las 5S se contribuye a dejar de perder tiempo, reducir costos, ser más productivo y administrar una mejor operación agrícola. Kanban se utiliza en la producción agrícola para indicar qué se debe producir, cuándo y cuánto. Se utiliza un sistema Kanban

para producir solo lo que se necesita en lugar de llenar las existencias internas. KPI se utiliza para medir la implementación de Lean en la granja, así como para establecer controles en la producción.

Asimismo, Poka Yoke es una herramienta que se ha utilizado en la producción de leche, como por ejemplo en el proceso de ordeño de las vacas existen unos candados en los grifos de la tina para evitar que se extraiga la leche de una manera incorrecta. También en este subsector se han utilizado con frecuencia las 5s para obtener beneficios en áreas de trabajo como el ordeño y la preparación de alimento de las vacas.

Finalmente, en el subsector de la producción de carne se ha utilizado el SMED para reducir el tiempo de cambio entre lotes de la producción de carne de cerdo y entre periodos de limpieza para el equipo de ordeño en la producción de lácteos.

### **9.3. Análisis de los cambios**

A pesar de que la filosofía Lean se ha podido aplicar con éxito en muchos sectores diferentes al sector manufacturero, en el sector agropecuario aún no se ha podido aplicar a gran escala, es posible inferir que es porque se desconocen sus beneficios y también por las características del sector agro donde factores externos como el clima, problemas de salud animal y alteraciones naturales en los parámetros del suelo dan como resultado una gran variación en el rendimiento y la calidad del producto han hecho difícil su implementación. Sin embargo, existen granjas pequeñas y medianas donde se ha empezado a aplicar el pensamiento lean en sus procesos ya que se pueden alcanzar mejoras significativas que conllevan a que sean más eficientes usando menos recursos, eliminando desperdicios y logrando mayores márgenes de rentabilidad.

Por otra parte, la revisión de literatura permitió identificar las herramientas lean que se han utilizado hasta el momento en las granjas lean, las cuales han contribuido al logro de los objetivos planteados durante la ejecución de sus procesos, y también al mejoramiento continuo. Estas herramientas son VSM, 5S, Kanban, KPI y SMED.

Para que exista un éxito en la implementación de la filosofía lean en el sector agro es fundamental involucrar a todos los miembros del equipo es por esto por lo que en los casos donde se ha aplicado lean siempre se inicia con un entrenamiento del personal donde los lean coaches dan a conocer todo lo relacionado con el pensamiento lean el cual no se puede convertir en algo pasajero sino que debe pasar a ser parte del día a día de cada una de las actividades en los diferentes procesos que se tienen en la granja. Esto es muy importante a la hora de identificar la herramienta que mejor se adapte al proceso para poder abordar las problemáticas que se tienen desde la raíz y para proponer acciones de mejora efectivas que conlleven al mejoramiento continuo de la granja.

Finalmente se debe resaltar que tanto el lean manufacturing como el lean farming comparten el mismo objetivo que es eliminar los desperdicios, identificando el flujo de valor de tal manera que se aumente la eficiencia, causando un impacto positivo en el ámbito económico, social y ambiental. La diferencia entre la aplicación del pensamiento lean en estos dos sectores se debe en gran medida al contexto y particularidad de cada uno.

## 10. Conclusiones

Con la realización de este trabajo de investigación se concluye lo siguiente:

1. Los principios y herramientas lean ofrecen una excelente oportunidad para que el sector agropecuario aumente su eficacia al reducir el desperdicio y mejorar la calidad del producto.
2. La implementación Lean implica empoderar a las personas a medida que adquieren los conocimientos que pueden transferir a la acción. Este empoderamiento significa cambio el cual suele ser difícil.
3. La gerencia tiene grandes desafíos como la capacitación de todo el personal involucrado en las granjas ya que un liderazgo firme y el papel de los agentes de cambio son indispensables para llevar con éxito la implementación.
4. La diferencia fundamental entre las fábricas y las granjas, entre la manufactura y la agricultura, es que los productos agrícolas están o alguna vez estuvieron vivos, es decir, sensibles, misteriosos y dignos de nuestra consideración ética. Nada de esto es nuevo para los agricultores tradicionales que cultivan sin productos químicos y con un gran respeto por la naturaleza. Saben por experiencia que las plantas, los animales e incluso el suelo son profundamente misteriosos y llenos de vida y que el respeto por este hecho precede a la verdadera productividad.
5. De acuerdo con lo anterior se debe tener especial cuidado en respetar la vida de los animales ya que en muchas granjas para minimizar los costos y hacer un uso eficiente del espacio se convierte en un abuso de animales cuando los confinan en espacios pequeños.

6. Los cambios analizados en la implementación de las técnicas en el sector agropecuario respecto al enfoque original del sector manufacturero se deben en gran medida a las características de cada sector, y en el caso particular del sector agropecuario características como los tiempos de entrega, factores externos como el clima, problemas de salud en los animales, hacen que difiera mucho de otros sectores de la economía.
7. El impacto generado con la implementación de prácticas Lean en el sector agropecuario además de los beneficios económicos al eliminar desperdicios y aumentar la eficiencia de los procesos de producción, causan un gran impacto ambiental ya que este sector trabaja directamente con la naturaleza y se han logrado obtener grandes beneficios para el planeta como la disminución de gases de efecto invernadero, la reducción de pérdida de nutrientes en el aire y reducción de la euforización, lo que conlleva a que sean proyectos sustentables.

## **11. Recomendaciones**

Este proyecto de investigación sirve como base para futuras investigaciones ya que como se dijo anteriormente la implementación de la filosofía lean en el sector agropecuario no se ha dado a una gran escala en comparación con otros sectores de la economía, por lo tanto, aún queda mucho por investigar en este campo para poder llevar una implementación exitosa del pensamiento lean en el agro, que permita mejorar los procesos misionales de este sector e incrementar la productividad de las granjas y reducir los desperdicios que causan un gran impacto en el medio ambiente.

En el caso particular de Colombia la llegada a la presidencia de Gustavo Petro quien propone una reforma agraria para hacer del sector agro el principal motor económico del país se abre el espacio para que se realicen investigaciones y poder aplicar de manera exitosa la filosofía lean para hacer un uso eficiente de los recursos y obtener mejores beneficios causando un menor impacto en el planeta.

## 12. Referencias

¿Qué es el sentido de pertenencia laboral? (2021). Cluster Industrial.

<https://www.clusterindustrial.com.mx/noticia/2898/que-es-el-sentido-de-pertenencia-laboral>

¿Qué es un Sistema Pull? (s. f.). Sistema Pull [Figura]. Kanbanize.

<https://kanbanize.com/es/gestion-lean/sistemas-pull/que-es-un-sistema-pull>

¿Qué son células de manufactura? | Implementación de las Células de trabajo. (2018, 14 octubre). Ingeniería de Calidad | Quality Engineering.

<https://www.ingenieriadecalidad.com/2018/10/que-son-celulas-de-manufactura.html>

A3 lean. El método para resolver los problemas. (2020, 29 enero). ISOTools.

<https://www.isotools.org/2019/12/16/a3-lean-el-metodo-para-resolver-los-problemas/>

Abadia Rios, M., & Zuñiga Moreno, K. A. (2021). Mejora aplicada en la empresa SOLAGRO SAC mediante el uso de herramientas de Lean Manufacturing.

Abdi, F., Shavarini, S., Hoseini, S., 2006. Glean Lean: cómo usar el enfoque lean en industrias de servicios? Servicio J. Res. 6, 191mi206.

Arlbjørn, JS, Freytag, PV, de Haas, H., 2011. Gestión de la cadena de suministro de servicios: una encuesta de aplicación lean en el sector municipal. En t. J. física. Distribuir Logista. Administrar 41 (3), 277mi295.

Assarlind, M., 2015. Análisis de un programa de mejora para MME. J. Manuf. Tecnología Administrar 26 (8), 1107mi1125

- Atkinson, P., 2004. Creación e implementación de estrategias lean. *Administrar serv.* 48 (2), 18mi22.
- Barth, H., & Melin, M. (2018). A Green Lean approach to global competition and climate change in the agricultural sector—A Swedish case study. *Journal of cleaner production*, 204, 183-192.
- Belhadi, A., Ezahra Touriki, F., Fezazi El, S., 2017. Priorizando las soluciones de lean implementación en PYMES para superar sus barreras: un enfoque integrado fuzzy AHP-TOPSIS. *J. Manuf. Tecnología Administrar* 28 (8), 1115mi1139
- Bergmiller, GG, McCright, PR, 2009. ¿Son sinérgicos los programas lean y green?. En: *Actas de la Conferencia de Investigación de Ingeniería Industrial de 2009* [http://www.zworc.com/site/publications\\_assets/](http://www.zworc.com/site/publications_assets/)
- Botero Romero, J. A., & Nimisica Guevara, C. C. (2021). Propuesta de Mejora para el Sistema Productivo de la Granja Avícola El Salitre bajo el Modelo de Autoevaluación Lean Manufacturing.
- Brandao de Souza, B., 2009. Tendencias y enfoques en lean healthcare. *Líder. Servicio de Salud* 22 (2), 121mi139
- C. Colgan, G. Adam y F. Topolansky, "¿Por qué probar Lean? Un estudio de caso de Northumbrian Farm", *International Journal of Agricultural Management*, vol. 2, págs. 170-181, 2013.
- C. Sofokleous, Implementación de metodologías de mejora de la fabricación ajustada en una pequeña empresa agropecuario: UNIVERSIDAD DEL SUR DE ILLINOIS EN CARBONDALE, 2007.

Calidad en la Fuente para mandos operativos – ALFRA Lean Advisors. (s. f.). ALFRA

Lean advisors. [https://alfraleanadvisors.com/calidad-en-la-](https://alfraleanadvisors.com/calidad-en-la-fuente2/#:%7E:text=Calidad%20es%20la%20mejor%20estrategia,las%20compa%C3%B1%C3%ADas%20que%20los%20manufacturan)

[fuente2/#:%7E:text=Calidad%20es%20la%20mejor%20estrategia,las%20compa%](https://alfraleanadvisors.com/calidad-en-la-fuente2/#:%7E:text=Calidad%20es%20la%20mejor%20estrategia,las%20compa%C3%B1%C3%ADas%20que%20los%20manufacturan)

[C3%B1%C3%ADas%20que%20los%20manufacturan](https://alfraleanadvisors.com/calidad-en-la-fuente2/#:%7E:text=Calidad%20es%20la%20mejor%20estrategia,las%20compa%C3%B1%C3%ADas%20que%20los%20manufacturan)

Cardozo, E. R., Rodríguez, C., & Guaita, W. (2011). Las pequeñas y medianas empresas

agroalimentarias en Venezuela y el desarrollo sustentable: enfoque basado en los

principios de manufactura esbelta. *Información Tecnológica*, 22(5), 39-48.

<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642011000500006>.

Colgan, C., Adam, G. y Topolansky, F. 2013. ¿Por qué probar Lean? Un estudio de caso de

Northumbrian Farm. *Revista Internacional de Gestión Agropecuario* 2, 170–181.

Delgado Torres Sergio (2020). Aplicación del diagrama de Ishikawa. *Risk Prevention de*

México s.c <https://riskp.com/aplicacion-del-diagrama-de-ishikawa/>

Dora, M., Kumar, M., Van Goubergen, D., Molnar, A. y Gellynck, X. (2013). Rendimiento

operativo y factores críticos de éxito de la fabricación ajustada en las PYME

Europeas de procesamiento de alimentos. *Tendencias en ciencia y tecnología de los*

*alimentos*, 31(2), 156-164. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tifs.2013.03.002>.

Espinoza-Portilla, Elizabeth, Lioo-Jordán, Flor, & Villanueva-Cadenas, Gladis J. (2018).

Análisis bibliométrico de las publicaciones peruanas ... en SCOPUS (1992-2017).

*Horizonte Médico (Lima)*, 18(4), 75-80.

Fauzi Khair et al 2020 IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 426 012116

García, M., Quispe, C., & Ráez, L. (2003). Mejora continua de la calidad en los procesos.

*Industrial data*, 6(1), 89-94.

Guerrero, J. (2019, 10 julio). *El diagrama Yamazumi*. LEANROOTS.

<https://www.leanroots.com/wordpress/2017/10/03/el-diagrama-yamazumi/>

Hamrol A. (2015), *Strategie i praktyki sprawnego działania. Lean, Six Sigma i inne*.

Wydawnictwo PWN, Warszawa

Hartman, B. (2015). *The lean farm: How to minimize waste, increase efficiency, and maximize value and profits with less work*. Chelsea Green Publishing.

Henchion, M., & McIntyre, B. (2010). From transactions to relationships: the case of the Irish beef chain. *Agri-food chain relationships*, 150-163.

Hocken, J. (2019). *The Lean Dairy Farm* [Libro electrónico]. Wiley.

Hocken, M., & Hocken, J. (2019). *The lean dairy farm : Eliminate waste, save time, cut costs - creating a more productive, profitable and higher quality farm*. John Wiley & Sons, Incorporated.

Hüttmeir A., Treville S., Ackere A., Monnier L., Prenninger J. (2009), Trading off between heijunka and just-in-sequence, *Int. Journal Production Economics*, Vol. 118, pp. 501-507

JF Krafcik, "Triunfo del sistema de producción ajustada", *Sloan Management Review*, vol. 30, págs. 41-52, 1988.

Jiménez, E., Tejada, A., Pérez, M., Blanco, J., & Martínez, E. (2012). Applicability of lean production with VSM to the Rioja wine sector. *International Journal of Production Research*, 50(7), 1890–1904. doi:10.1080/00207543.2011.561370

L. Padilla, "Lean manufacturing manufactura esbelta/ágil", Rev. Electrónica Ing. Prim.

ISSN, vol. 2076, p. 3166, 2010.

LaGanga, LR, 2011. Operaciones de servicio Lean: reflexiones y nuevas direcciones para

Ampliación de capacidad en consultorios ambulatorios. J. Oper. Administrar 29 (5),  
422mi433.

Leal, D. (s. f.). Mejora continua en la vida cotidiana. Hotmart.

<https://hotmart.com/es/marketplace/productos/mejora-continua-en-la-vida-cotidiana/E59552353P>

López, B. S. (2019, noviembre 1). *Andon: Control visual*. Ingeniería Industrial

Online. <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/lean-manufacturing/andon-control-visual/>

López, B. S. (2019a, octubre 30). *Jidoka: Autonomización de los defectos*.

Ingeniería Industrial Online.

<https://www.ingenieriaindustrialonline.com/lean-manufacturing/jidoka-autonomizacion-de-los-defectos/>

López, B. S. (2020, 23 julio). Eficiencia Global de los Equipos (OEE). Ingeniería Industrial

Online. <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/gestion-de-mantenimiento/eficiencia-global-de-los-equipos-oeef/>

López, B. S. (2020, 7 julio). *Andon: Control visual*. Ingeniería Industrial Online.

<https://www.ingenieriaindustrialonline.com/lean-manufacturing/andon-control-visual/>

Luna Cruz, A. H., & Quezada Sánchez, I. L. M. Aplicación de herramientas Lean en el sector agroalimentario: Una investigación empírica del zapallo en Perú.

Martin Melin y Henrik Barth (2018): Lean en la agricultura sueca: perspectivas estratégicas y operativas, Planificación y control de la producción, DOI: 10.1080/09537287.2018.1479784

Martin Melin y Henrik Barth (2018): Lean en la agricultura sueca: perspectivas estratégicas y operativas, Planificación y control de la producción, DOI: 10.1080/09537287.2018.1479784

Matteo Griso (2018). Spaghetti chart o Diagrama Espagueti.MG Consultora.  
<http://www.mg-consultora.com/2018/02/27/spaghetti-chart-o-diagrama-espagueti/>

Molina Diaz, K. M., & Torres Apaza, R. L. Aplicación de Lean en la cadena de suministro agroalimentaria: Un caso de estudio en agronegocios de aceituna peruana.

Nielsen, V. F., & Pejstrup, S. (2018). Lean in Agriculture: Create More Value with Less Work on the Farm. Productivity Press.

P. Luning y W. Marcelis, Gestión de la calidad de los alimentos Principios y prácticas tecnológicas y de gestión. Países Bajos: Wageningen Academic Publishers, 2009.

Pampanelli, A., Found, P., Bernardes, A., 2014. A Lean & Green model for a procélula de producción J. Limpio. Pinchar. 85, 1

Pedersen, E., Huniche, M., 2011. Determinantes del éxito y el fracaso lean en el Sector público danés: una perspectiva de orden negociado. En t. J. Secta Pública. Administrar 24 (5), 403mi420.

- Pérez C., R. de Castro, D. Simons y G. Gimenez. 2010. "Desarrollo de Cadenas de Suministro Lean: Un Estudio de Caso del Sector Porcino Catalán". *Gestión de la cadena de suministro: una revista internacional* 15 (1): 55–68.
- Piercy, N., Rich, N., 2009. Transformación Lean en el entorno de servicio puro: el caso del centro de atención telefónica. En t. J.Oper. Pinchar. *Administrar* 29 (1), 54mi76.
- Pinchar. 40, 93mi100. Folinas, D., Aidonis, D., Triantafillou, D., Malindretos, G., 2013. Explorando el ecologización de la cadena de suministro de alimentos con técnicas de pensamiento lean. *Proceder Tecnología* 8, 416mi424.
- Rajadell Carreras, M., & Sánchez García, J. L. (2010). *LEAN MANUFACTURING la evidencia de una necesidad*. Ediciones Díaz de Santos.
- Rivera Cadavid, L. (2013). Justificación conceptual de un modelo de implementación de Lean Manufacturing. *Heurística*, No. 15-2013, (15), 91-106.
- S. Spear y HK Bowen, "Descifrando el ADN del sistema de producción de Toyota", *Harvard Business Review*, vol. 77, págs. 96-108, 1999.
- Santoso, T. (2022, 23 octubre). One Piece Flow. © 2011-2012 Lean Healthcare Indonesia. Recuperado 23 de octubre de 2022, de <http://www.lean-indonesia.com/2016/02/one-piece-flow-aliran-satu-bagian.html>
- Sigill. (s/f). Sigill. Recuperado el 23 de octubre de 2022, de <https://www.sigill.se/>
- Svenskt Sigil, 2018.<http://www.sigil.se>. Swank, CK, 2003. La máquina de servicio lean. *Autobús de Harvard. Rev. Octubre* 123mi 129.

Swank, CK, 2003. La máquina de servicio lean. Autobús de Harvard. Rev. Octubre 123mi 129.

Taylor, DH 2006. Consideraciones estratégicas en el desarrollo de cadenas de suministro agroalimentarias ajustadas: un estudio de caso del sector porcino del Reino Unido. Gestión de la cadena de suministro: una revista internacional 11, 271–280.

Tutoriales, G. (2017, 3 marzo). Qué es el Diagrama de Ishikawa o Diagrama de Causa Efecto. Gestión de Operaciones. <https://www.gestiondeoperaciones.net/gestion-de-calidad/que-es-el-diagrama-de-ishikawa-o-diagrama-de-causa-efecto/>

Tutoriales, G. (2017b, marzo 3). Qué es el Diagrama de Ishikawa o Diagrama de Causa Efecto. Gestión de Operaciones. Recuperado 23 de octubre de 2022, de <https://www.gestiondeoperaciones.net/gestion-de-calidad/que-es-el-diagrama-de-ishikawa-o-diagrama-de-causa-efecto/>

Unade, U. (2019, 30 octubre). ¿Qué es la calidad en la industria? Universidad Americana de Europa. <https://unade.edu.mx/que-es-la-calidad-en-la-industria>

Valverde-Curi, H., De-La-Cruz-Angles, A., Cano-Lazarte, M., Alvarez, J. M., & Raymundo-Ibañez, C. (2019a). Lean management model for waste reduction in the production area of A food processing and preservation SME. Proceedings of the 2019 5th International Conference on Industrial and Business Engineering - ICIBE 2019.

Yusof, SM, Aspinwall, E., 2000. Un marco conceptual para la implementación de TQM para pymes. Mag. TQM. 12 (1), 31mi36

Zokaei, A. K., & Simons, D. W. (2006). Value chain analysis in consumer focus improvement: a case study of the UK red meat industry. *The International Journal of Logistics Management*.

Zokaei, K., 2005. Aplicación del paradigma magro en el procesamiento de carne roja. *Hermano Alimentos J. 107 (4)*, 192mi211.