

# FACULTAD DE INGENIERÍA



Carrera de Ingeniería Industrial

**“USO DE HERRAMIENTAS LEAN MANUFACTURING PARA  
MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN LA INDUSTRIA  
METALMECÁNICA PERUANA”**: REVISIÓN SISTEMÁTICA.

Trabajo de investigación para optar al grado de:

**Bachiller en Ingeniería Industrial**

**Autores:**

Juan Manuel Benites Leyva

**Asesor:**

Ing. Dr. Mg. Lic. Gianni Michael Zelada García

Lima - Perú

2018

## DEDICATORIA

A mi madre María M. Leyva Rojas a mi esposa Karina Gallo y mis hijos, Juan  
Carlos y Mayte.

## AGRADECIMIENTO

Un agradecimiento especial a la Universidad Privada del Norte por darme la  
oportunidad de cumplir con uno de mis objetivos.

## Contenido

<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>2</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	<b>3</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	<b>6</b>
<b>ÍNDICE DE GRÁFICAS</b> .....	<b>7</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>8</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>9</b>
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>10</b>
<b>CAPÍTULO II. METODOLOGÍA</b> .....	<b>12</b>
1. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	12
1.1. PREGUNTAS DE LA INVESTIGACIÓN.....	12
1.2. ESTRATEGIAS Y ALCANCES DE BÚSQUEDA.....	12
1.3. FUENTE DE INFORMACIÓN.....	13
1.4. TÉRMINO DE BÚSQUEDA.....	13
1.5. PRODUCTIVIDAD.....	16
1.6. LEAN MANUFACTURING .....	17
1.7. SIX SIGMA.....	18
1.8. JUST IN TIME.....	19
1.9. POKA YOKE.....	19
1.10. SMED.....	20
1.11. 5S .....	20
1.12. VALUE STREAM MAPPING (VSM).....	21
1.13. TPM (Total Productive Maintenance) .....	22
<b>CAPÍTULO III. RESULTADOS</b> .....	<b>23</b>
2. RESULTADOS.....	23

2.1.	USO DE HERRAMIENTAS LEAN MANUFACTURING EN LA INDUSTRIA METALMECÁNICA.....	23
2.1.1.	EXTRACCIÓN DE LA INFORMACIÓN.....	23
2.1.2.	RESULTADOS RELEVANTES.....	26
2.2.	RESULTADOS DE MEJORA, USO DE HERRAMIENTAS LEAN MANUFACTURING.....	28
2.3.	HERRAMIENTAS LEAN MANUFACTURING DE DIAGNÓSTICO.....	30
	<b>CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....</b>	<b>32</b>
3.	DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	32
3.1.	DISCUSIÓN.....	32
3.2.	CONCLUSIONES.....	35
	<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>36</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 2, Base de datos, lista de investigaciones seleccionadas.....</i>	15
<i>Tabla 1, Tabla de selección de tesis. ....</i>	23
<i>Tabla 3, Investigaciones por universidades. ....</i>	25
<i>Tabla 4, Herramientas Lean Manufacturing más usadas. ....</i>	27

## ÍNDICE DE GRÁFICAS

<i>Gráfica 1, Investigaciones sobre mejoras aplicando Lean Manufacturing. ....</i>	23
<i>Gráfica 2, Uso de Lean Manufacturing por año. ....</i>	24
<i>Gráfica 3, Tesis - Lean Manufacturing en la industria metalmecánica por año. ...</i>	25
<i>Gráfica 4, Investigaciones por universidades. ....</i>	26
<i>Gráfica 5, Resultados de mejora por herramientas Lean Manufacturing. ....</i>	29
<i>Gráfica 6, Herramientas por resultados de mejora .....</i>	29
<i>Gráfica 7, Matriz - Lean Manufacturing (Diagnóstico y mejora) .....</i>	31

## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1, Término de búsqueda - Base de datos RENATI.</i> .....	13
<i>Figura 2, Término de búsqueda..</i> .....	14
<i>Figura 3, Término de Búsqueda por palabra Clave.</i> .....	14
<i>Figura 4, Adaptación actualizada de la Casa Toyota.</i> .....	18
<i>Figura 5, Simbología para VSM.</i> .....	21



## RESUMEN

La industria metalmecánica peruana es uno de los sectores claves para el desarrollo del país, afrontan actualmente el reto de la competitividad. La productividad y la mejora continua es fundamental para ello, ésta se basa en indicadores de calidad (cero rechazos), cantidad (niveles de producción óptima) y tiempo (tiempo de ciclo, takt time, lead time ideales). El enemigo más grande de la industria actualmente es el despilfarro que está presente en todos sus procesos. Una de las técnicas más reconocidas aplicadas por la gigante Toyota en la década de los 60, es Lean Manufacturing y se centra en la eliminación del despilfarro. En base a lo anterior, el objetivo de esta R.S es identificar qué herramientas Lean Manufacturing son las que más se aplican para mejorar la productividad en el sector metalmecánica. Para responder esta interrogante se seleccionaron 30 tesis universitarias registradas en el RENATI. Solo se incluyeron investigaciones que hagan referencia al sector de estudio, se excluyeron investigaciones cuyas mejoras se plantean con metodologías distintas a la filosofía Lean. Finalmente se determinó que las herramientas Lean Manufacturing más aplicadas para mejorar desempeño de la productividad en este sector son: 5S (32.4%), SMED (13.2%), TPM (11.8%), SIX SIGMAS (7.4%) y VSM (5.9%). Le siguen: Kanban, Balance de Línea, Poka Yoke, Justo a tiempo, PHVA, 4 MS, Carta Balance, Last Planner, Andon y AMFE.

**PALABRAS CLAVES:** Herramientas lean Manufacturing, mejora, productividad, metalmecánica.

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

Según el Ministerio de La producción, la industria metalmecánica es uno de los sectores más dinámicos la economía peruana, en términos macroeconómicos se prevé que en 2018 tenga un crecimiento por encima del 5%, éste está asociado al crecimiento de la construcción y a otros sectores como la minería. Según información de PRODUCE en el sector metalmecánico operan 45 mil empresas formales de las cuales el 98.7% (44,918) son Mypes y el 1.3% (297), mediana y gran empresa. Estas empresas en su mayoría son pequeños emprendimientos que con el correr de los años se van consolidando, es decir negocios con enfoque de planificación al muy corto plazo, con maquinaria que en muchos casos es comprada de segundo uso y que con el venir de los proyectos o las ventas adecuan sus procesos, muchos de estos operan en talleres que se van implementando en función de la demanda (Ministerio de la Producción, 2018). Unos de estos sub sectores es el rubro de Aire acondicionado y ventilación mecánica. Hoy en día los sistemas de Aire acondicionado y Ventilación Mecánica (HVAC, por sus siglas en inglés) se han convertido en una especialidad importante en la construcción, así tenemos que los principales proyectos de oficinas, edificios residenciales e infraestructura institucional y Centros comerciales los consideran al momento de la concepción del proyecto. Uno de los procesos, dentro del proceso estratégico de las empresas de aire acondicionado y ventilación mecánica, es la fabricación e instalación de conductos para mover aire frío o caliente según sea el proyecto. Estos ductos se fabrican con planchas de fierro galvanizado de espesores diversos, según sean las dimensiones de dichos conductos. A cada unidad de ejecución se le considera como un proyecto, debido a la complejidad y nivel de detalle y por la necesidad de mano de obra calificada requerida para su implementación, es decir cada proyecto termina siendo personalizado a la medida de cada cliente. El Proceso de fabricación e instalación de dichos

conductos implican dos procesos básicos: Fabricación o maquinado, el cual se da en planta en donde el número de sub-procesos dependen del nivel de tecnología que se tenga disponible, y son básicamente: Trazado, corte y doblado. La otra parte del proceso, Instalación, se da en obra, aquí se tienen actividades tales como: Armado, sellado de uniones, forrado con lana de vidrio y Montaje. En ambos procesos las herramientas o metodologías de gestión son totalmente diferentes, para el caso de fabricación se prioriza la disminución del despilfarro en tiempos, materiales y en el método empleado. En el caso del proceso de instalación los despilfarros están más relacionados a fallos de gestión, tales como: Disponibilidad de materiales, herramientas y consumibles en obra, re trabajos por interferencias con otras especialidades, incumplimiento de normas de seguridad y salud ocupacional en obra, esperas por tareas o actividades precedentes que dependen de otras especialidades, etc. En este contexto, la productividad del proceso de fabricación e instalación de ductos para sistemas HVAC toma relevancia para el logro de los objetivos estratégicos de las organizaciones (Mayuri & Díaz, 2016).

En base a lo expuesto, nos planteamos el objetivo de identificar ¿Qué herramientas Lean Manufacturing son las que más se aplican para mejorar la productividad en el sector metalmecánica?, para luego establecer la línea de investigación a seguir. Para el logro del objetivo planteado, se realizará una revisión sistemática siguiendo el procedimiento propuesto en el planteamiento del método de recolección de datos.

## **CAPÍTULO II. METODOLOGÍA**

### **1. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.**

La presente Revisión Sistemática nos permitió hacer un compendio estadístico de las diferentes tesis universitarias que han propuesto e implementado las técnicas Lean Manufacturing para mejorar la productividad en el sector metalmecánica. Esta revisión sistemática se plantea el objetivo de determinar qué herramientas Lean Manufacturing son las que más se aplican para mejorar la productividad en el sector metalmecánica, establecido el objetivo de la revisión sistemática, la pregunta de investigación se establecieron las estrategias de búsqueda de la información, los criterios de selección y la información relevante a extraer. El objetivo de la investigación tiene relación directa con la extracción de información relevante con respecto a: herramientas Lean Manufacturing más empleada para incrementar el indicador Cantidad de la productividad en la industria metalmecánica; herramientas Lean Manufacturing que son más empleada para incrementar el indicador Calidad de la productividad en la industria metalmecánica y finalmente qué herramientas Lean Manufacturing son las más empleada para incrementar el indicador Tiempo de la productividad en la industria metalmecánica.

#### **1.1. PREGUNTAS DE LA INVESTIGACIÓN.**

Esta Revisión sistemática gira alrededor de la siguiente interrogante: ¿Qué herramientas Lean Manufacturing son las que más se aplican para mejorar la productividad en el sector metalmecánica?

#### **1.2. ESTRATEGIAS Y ALCANCES DE BÚSQUEDA.**

Las tesis universitarias que se seleccionaron para la presente revisión sistemática tuvieron como temática mejora de la productividad aplicando técnicas de Lean Manufacturing con alto grado de incidencia en un mejor desempeño de los indicadores de

Calidad, Cantidad y tiempo en empresas del sector metalmecánica. Las investigaciones consideradas para el estudio fueron tesis de grado de las diferentes universidades del Perú que figuren en el Registro Nacional de Trabajos de Investigación (RENATI) de la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria (SUNEDU) publicadas en el período 2011 – 2018. Y que incluyan la industria metalmecánica y aplicación de la técnica Lean Manufacturing como instrumento de mejora, se excluyeron las tesis en idioma extranjero. Se seleccionarán 30 tesis, las cuales figuran en la tabla siguiente:

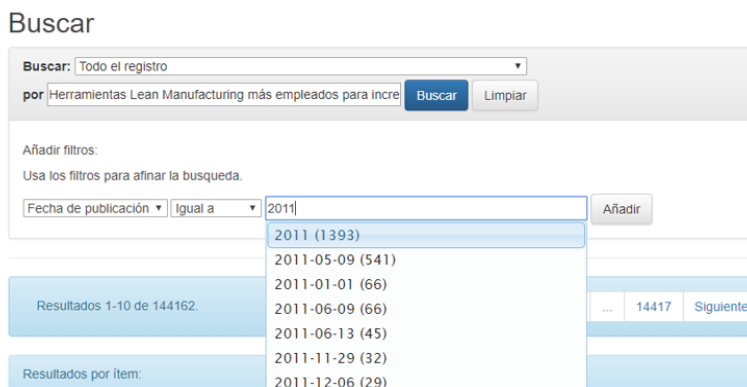
### 1.3. FUENTE DE INFORMACIÓN.

La información fue recogida de la base datos del Registro Nacional de Trabajos de Investigación (RENATI) de la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria (SUNEDU).

### 1.4. TÉRMINO DE BÚSQUEDA.

El término de búsqueda general usada para responder al objetivo de esta investigación fue como sigue: “Lean Manufacturing más empleados para incrementar la productividad la industria metalmecánica”, Se filtró por fecha de publicación tal como se muestra en la gráfica

Figura 1, Término de búsqueda - Base de datos RENATI.



Buscar

Buscar:

por

Añadir filtros:

Usa los filtros para afinar la búsqueda.

Fecha de publicación

Resultados 1-10 de 144162.

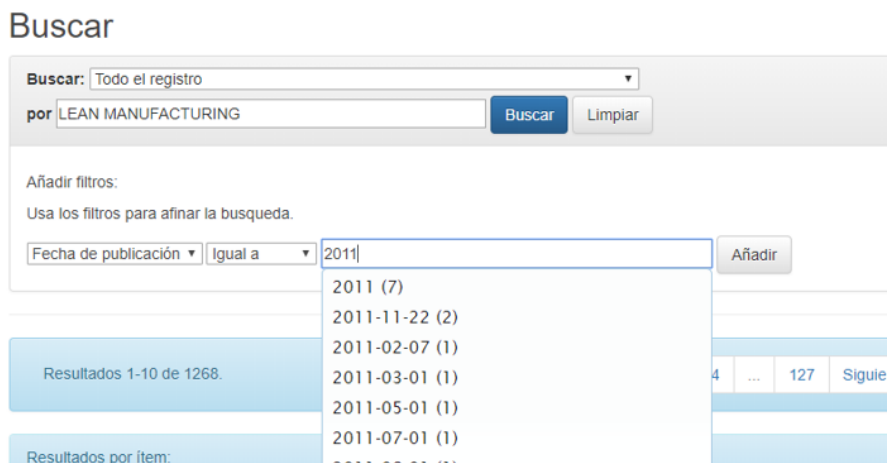
2011 (1393)
2011-05-09 (541)
2011-01-01 (66)
2011-06-09 (66)
2011-06-13 (45)
2011-11-29 (32)
2011-12-06 (29)

Resultados por ítem: ... 14417 Siguiente

Fuente: Registro Nacional de Trabajos de Investigación.

Luego se procedió a filtrar las tesis resultantes por fecha de publicación, empezando por el año 2011 hasta llegar al año 2018, la figura 2 muestra la ventana de búsqueda de Renati, filtrado con el termino de búsqueda “Lean Manufacturing” filtrado fechas.

Figura 2, Término de búsqueda..



**Buscar**

Buscar:

por

Añadir filtros:  
Usa los filtros para afinar la búsqueda.

Fecha de publicación

- 2011 (7)
- 2011-11-22 (2)
- 2011-02-07 (1)
- 2011-03-01 (1)
- 2011-05-01 (1)
- 2011-07-01 (1)
- .....

Resultados 1-10 de 1268.

Resultados por ítem:

Fuente: Registro Nacional de Trabajos de Investigación.

En seguida se filtró por palabra clave “metalmecánica”, de acuerdo a la gráfica 3.

Figura 3, Término de Búsqueda por palabra Clave.



**Buscar**

Buscar:

por

Filtros actuales: Fecha de publicación

Añadir filtros:  
Usa los filtros para afinar la búsqueda.

Palabra clave

- metalica (3)
- metalografia (1)
- metalurgia (1)

Resultados 1-10 de 1393.

Anterior **1** 2 3 4 ... 140

Fuente: Registro Nacional de Trabajos de Investigación.

La tabla 2 contiene la lista final de las tesis universitarias tomadas en cuenta en esta revisión sistemática.

Tabla 1, Base de datos, lista de investigaciones seleccionadas..

ID	Autores	Año	Institución	Grado Académico	Título
1	Carlos André Baluis Flores	2013	PUCP	Título Profesional	Optimización de procesos en la fabricación de termas eléctricas utilizando herramientas de Lean Manufacturing.
2	Frank Pablo Córdova Rojas	2012	PUCP	Título Profesional	Mejoras en el proceso de fabricación de spools en una empresa metalmeccánica usando la Manufactura Esbelta
3	Roxana Andrea Nestares Chavez	2011	UPC	Título Profesional	Propuesta de mejora en el proceso de producción de latas de 1 y ¼ gal de capacidad para aumentar la productividad de una empresa de la industria
4	Edisson Yordano Hernández Quispe	2014	UPC	Título Profesional	Propuesta de reducción del retraso de productos terminados en el área de producción de una empresa metalmeccánica mediante la Teoría de las
5	Rubén Darío Torres Gallardo	2014	UPC	Título Profesional	Propuesta de mejora en el proceso de fabricación de pernos en una empresa metalmeccánica
6	Dennis Irene Ayuni Campos, Annie de los Milagros Matheus	2015	USMP	Título Profesional	Sistema de mejora continua en la empresa ARNAO S.A.C. bajo la metodología PHVA
7	Christian Abdul Ingar Medina	2016	USMP	Título Profesional	Mejoramiento de la calidad aplicando Six Sigma en el servicio de reparación de cilindros hidráulicos en una empresa metal-mecánica
8	Qumer Luis Meza Huallpa	2014	PUCP	Título Profesional	Análisis y mejora de procesos en la sección matricería para la fabricación de brocas para perforación diamantina en una empresa metal mecánica fabricante
9	Vanessa Sofía Benites Aliaga	2017	PUCP	Título Profesional	Análisis y propuesta de mejora de procesos para una empresa metalmeccánica de sistemas de izajes para centros mineros
10	Luis Enrique Portada Hernani	2017	UPC	Título Profesional	Propuesta de mejora continua de procesos Lean Manufacturing para una empresa carrocera
11	Enrique Gregorio Carhuay Pampas	2017	USIL	Título Profesional	Mejora en la productividad durante la fabricación de cabina cerrada implementando lean manufacturing en una empresa privada metalmeccánica
12	Katrin Quispe Soldevilla	2016	UNI	Título Profesional	Reducción de plazos de producción e incremento de la productividad mediante aplicación de herramientas Lean Manufacturing en una Empresa Metalmeccánica
13	Miguel Angel Torres Vega	2017	UCV	Título Profesional	Mejora de la Productividad a través de la aplicación de herramientas del Lean Manufacturing en la planta de tanques de 80 Galones de la empresa Jabesa del
14	Carlo Mario Valdivieso Lopez, Hugo Miguel Zúñiga Calcina	2016	UPC	Título Profesional	Diagnóstico y mejora de los procesos de un taller de reparación de carrocería y pintura aplicando herramientas de lean
15	Gladys Mary Selva Medrano García	2016	UCV	Título Profesional	Aplicación de herramienta lean manufacturing para mejorar la productividad en la empresa cia industrial el cid s.a.c., san juan de lurigancho, 2016
16	Justo Moisés Valle Rojas, Roberto Ibañez Vega	2017	UPN	Título Profesional	Mejora de la productividad en las partidas de falso cielo raso de superboard e instalación de ventanas de cristal templado mediante el uso de las herramientas
17	Carlos Eduardo Mayuri Ferrer, Heyler Yuler Díaz Paredes	2016	UPN	Título Profesional	Implementación del lean manufacturing para mejorar la calidad en la fabricación de reductores de velocidad en la compañía peruana S.A.C., 2016
18	Lidonil Silva Burgos	2017	UCV	Título Profesional	Mejora del proceso de producción de tiradores de acero inoxidable para incrementar la productividad en la empresa metalmeccánica Industrias
19	Judith Esmeralda Flores Gomero	2017	UCV	Título Profesional	Implementación de la herramienta Six Sigma para mejorar la calidad del área de mecanizado en la empresa fusión mecánica industrial SAC, 2017
20	Leonardo Barahona Castillo, Jesica Navarro Infante	2013	PUCP	Título Profesional	Mejora del proceso de galvanizado en una empresa manufacturera de alambres de acero aplicando la metodología Lean Six Sigma
21	Patrick Axel Orlando Torres Gómez	2017	UCV	Título Profesional	Aplicación del TPM para la mejora de la productividad de las Cisternas en la empresa Multiservis F.V.R. E.I.R.L., Callao, 2017
22	Juan Pablo Ospina Delgado	2016	USIL	Título Profesional	Propuesta de distribución de planta, para aumentar la productividad en una empresa metalmeccánica en ate Lima, Perú
23	Roberto Genaro Bances Paz	2017	UCV	Título Profesional	Implementación de lean manufacturing para mejorar la productividad en el taller metalmeccánica Wensay Aceros s.a., Puente Piedra, 2017.
24	Patricia Edith Soto Tupia	2017	UCV	Título Profesional	La aplicación de Lean Manufacturing en la mejora de la productividad en la fabricación de casco de buques de la empresa SIMA S.A., Callao, 2017
25	Luis Felipe Pastor Ravines	2018	UPN	Título Profesional	Propuesta de mejora del proceso de producción aplicando la metodología Six Sigma para reducir defectos en la empresa RMB SATECI S.A.C
26	Díaz Aspúr Deyanira Yoan's	2017	UCV	Título Profesional	Aplicación de la técnica SMED para mejorar la Productividad en el Área de Torno de la empresa Sergo Industrial S.A, Lima 2016
27	Aldo Moisés Huacha Trillo	2017	UCV	Título Profesional	Aplicación del TPM en el área de maestranza para mejorar la productividad de las máquinas en la empresa CIPSA, Ate, 2017.
28	Luis Martín Vásquez Contreras	2015	UCSTM	Título Profesional	Propuesta para aumentar la productividad del proceso productivo de cajas portamedidores de energía monofásicas en la industria metálica CERINSA E.I.R.L.,
29	Findley Alfonso Arce Rodríguez	2017	UCV	Maestría	Manufactura esbelta para elevar la productividad en una empresa manufacturera de línea blanca, Lurín - 2017
30	José Antonio Rivera Cuno	2017	UPN	Título Profesional	Propuesta de mejora de eficiencia en reparación de equipos industriales de una empresa metal mecánica identificando procesos que no generen valor

Fuente: Registro Nacional de trabajos de Investigaciones – RENATI. Elaboración Propia.

## 1.5. PRODUCTIVIDAD.

Cuando hablamos de productividad, nos referimos a la relación entre las salidas (Producto) y entradas (factores de producción o recursos. La productividad como categoría económica se usa para evaluar la eficiencia de un factor de producción cuando el resto de factores que participan en el mismo proceso se mantienen constantes y la técnica de producción es la misma (Medianero, 2016).

La escuela de Organización Industrial de España en su publicación, “Lean Manufacturing, conceptos, técnicas e implantación” señala que Para elevar la competitividad de las empresas se debe poner énfasis en la productividad y la mejora continua como enfoque integral. La medición de la productividad por sí sola resulta muy simple pues basta hallar la relación entre resultados y recursos. Un Indicador de desempeño no debe limitarse a la cuantificación final de resultados, debe reflejar lo que realmente está pasando en la ejecución de los procesos de las operaciones, es necesario manejar un enfoque más amplio que asimile y complemente los indicadores de productividad, este enfoque es el de Mejora Continua (Escuela de Organización Industrial - EOI, 2013)

La medición de la productividad y Mejora continua plantea 3 dimensiones importantes: Tiempo, Cantidad y Calidad (Escuela de Organización Industrial - EOI, 2013).

**Tiempo**, Magnitud física, cantidad de tiempo que se consume en un proceso (Tiempo de ciclo.

**Cantidad**, Volúmenes que consume el proceso.



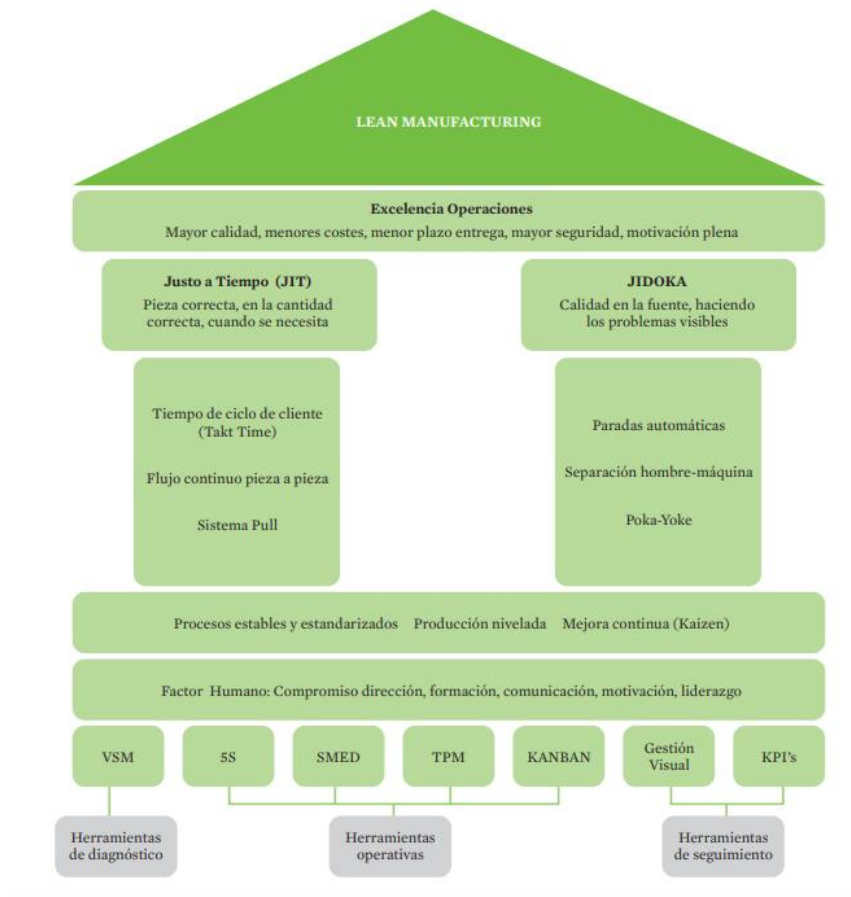
**Calidad**, Características cualitativas del proceso de trabajo.

## 1.6. LEAN MANUFACTURING

La producción Esbelta (Lean Manufacturing) tiene sus orígenes en el sistema de producción de Toyota conocido como TPS (Toyota Production System, por sus siglas en Inglés) y nace como respuesta al sistema de manufactura Estadounidense cuya producción de altos volúmenes la hacía con tecnología repetitivas de manufactura, Los ingenieros de Toyota que habían estudiado detenidamente el sistema americano encontraron la clave: el despilfarros en el proceso, los más comunes: Desperdicios de materiales, reprocesos, inventarios, etc. Así la Manufactura Esbelta se convierte en un sistema con un conjunto de herramientas y técnicas que se aplican para optimizar y mejorar los procesos de las operaciones en cualquier empresa industrial (Escuela de Organización Industrial - EOI, 2013).

Los autores Roger Schroeder, Susan Meyer y Johnny Rungtusanathan, en su libro “Administración de operaciones identifican los 5 principios fundamentales del sistema de Producción Esbelta: a) “Especificar precisamente qué es aquello acerca de un producto o servicio que crea valor desde la perspectiva del cliente”, es decir, el cliente está dispuesto a pagar por algo que valora; b) “Identificar, estudiar y mejorar la corriente del valor del proceso para cada producto o servicio”, creando Mapas de cadenas de Valor (VSM); c) “Asegurarse de que el flujo de un proceso sea simple, uniforme y libre de errores, evitando con ello el desperdicio”, Estudio de las 7 mudas; d) “Producir solo lo que el cliente requiere” y finalmente e) “Esforzarse en la perfección”, lo que implica mejoramiento continuo (Schroeder, Meyer, & Rungtusanathan, 2011).

Figura 4, Adaptación actualizada de la Casa Toyota.



Fuente: Escuela de organización industrial (EOI)

El sistema esbelto se apoya en una variedad de técnicas y herramientas que pueden aplicarse en diferentes áreas de las operaciones de la organización, las más conocidas son las siguientes:

### 1.7. SIX SIGMA

Es una técnica de mejora continua, orientada al control y mejoramiento de la calidad de un modo organizado y sistemático. Esta técnica procesa mejoramientos que por lo general utiliza 5 pasos definidos por el acrónimo DMAIC (Schroeder, Meyer, & Rungtusanathan, 2011)

**Definir (define):** Se refiere al proceso a seleccionar para la mejora o estudio.

**Medir (measure):** Son las variables de calidad que el cliente valora, se miden y fijan las metas

**Analizar (analyze):** Se listan las causas raíz de los niveles actuales de defectos.

**Mejorar (improve):** Se modifica el proceso y se inspecciona para proponer mejoras.

**Control (control):** se busca garantizar que se efectúe el mejoramiento del proceso a través del tiempo.

El objetivo de Six Sigma es no superar los 3.4 defectos por millón de oportunidades (DPMO). El valor Six Sigma está relacionado a la desviación típica estándar de la distribución normal y equivale a una tasa de 99.99966% de eficiencia (Hernandez, 2014).

## 1.8. JUST IN TIME

Es una herramienta de manufactura esbelta orientada a la entrega de artículos en las líneas de producción justo a tiempo de ser usados, con las cantidades inmediatamente necesarias y en el momento en que el proceso lo requiere (Villacorta, 2015).

Los principios de Justo a tiempo son: Takt Time (Ritmo de producción ajustado a la demanda), Flujo y sistema de Jalar (Pull system), si logra implementar estos tres puntos se tendrá integrar flujo, sincronización y equilibrio del proceso (Villaseñor y Galindo, 2016).

## 1.9. POKA YOKE

Esta herramienta se enfoca en el diseño de dispositivos, métodos de trabajo y procesos a pruebas de errores y/o descuidos de los operarios del proceso. La traducción literal es Poka (error no advertido) y Yoke (prevenir), la idea es atacar al problema desde su causa y actuar antes de que ocurra, que olvida y que olvida que

olvida, así se elimina la posibilidad de falla, el sistema deberá advertir y prevenir antes de que el error tenga consecuencias, el sistema estará en la capacidad de parar el proceso y enviar una señal de alerta (Córdova, 2012).

#### **1.10. SMED.**

Single-Minute Exchange of Die (SMED, por sus siglas en inglés) cuya traducción en español es cambio de una pieza en menos de 10 minutos, es un conjunto de técnicas busca la reducción de los tiempos de preparación de máquina (Villaseñor & Galindo, 2016). La técnica para disminuir el tiempo de preparar (set-up) y eliminar el despilfarro en las operaciones fue desarrollado por el ingeniero Shigeo Shingo, quien sugiere que cualquier set-up debe hacerse en menos de diez minutos, siguiendo los pasos siguientes: “Medir el tiempo total del set-up actual, identificar los elementos internos y externos, Convertir la mayor cantidad de elementos internos en externos, Reducir el tiempo de los elementos internos, Reducir el tiempo de los elementos externos y finalmente estandarizar el nuevo procedimiento (Villaseñor & Galindo, 2016)”. El sistema SMED hace uso de técnicas de calidad resolver problemas como diagramas de Pareto, las 5W+H (¿Qué? – ¿Cómo? – ¿Dónde? – ¿Quién? – ¿Cuándo? y los respectivos ¿Por qué?), estas técnicas se usan para identificar oportunidades de mejora (Diaz, 2017).

#### **1.11. 5S**

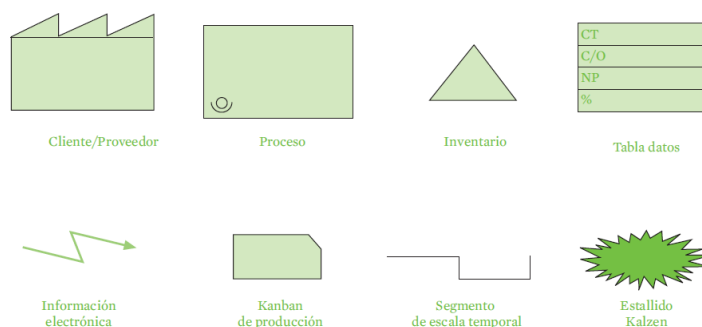
Se refieren a 5 palabras en japonés, cuyos significados son: Seiri (Clasificación), Seiton (Organizar), Seiso (Limpieza), Seiketsu (Estandarizar) y Shitsuke (Disciplinar), esta técnica se enfoca en eliminar despilfarros de las operaciones clasificando adecuadamente los artículos necesarios e innecesarios para el proceso; asignando un lugar para cada artículo u objeto en las operaciones; mantenimiento los

activos; estandarizando los procesos y métodos de trabajo y repitiendo con frecuencia las primeras 4S para hacer el hábito de la mejora continua (Hernández, 2014).

### 1.12. VALUE STREAM MAPPING (VSM)

El Value Stream Mapping (VSM) que traducido al español es Mapa de Cadena de Valor, es un diagrama que muestra el flujo de materiales e información desde el momento en que el cliente ordena el producto hasta la entrega. El objetivo de elaborar un VSM es graficar de manera sencilla y clara todas las actividades operativas para identificar la cadena de valor y así poder ubicar en qué parte del proceso se generan los mayores desperdicios. El VSM se grafica para línea o familia de productos, los datos deben ser recogidos del campo donde se realizan las operaciones reflejando lo que realmente está pasando. La clave del VSM está en el recojo de una línea de tiempos “VA” en los que se genera valor agregado y el resto de tiempos “NVA” o de “no valor añadido” (Escuela de Organización Industrial - EOI, 2013). Actualmente existen varios softwars que sirven como herramientas para graficar el VSM como el Smartdraw que utiliza simbología normalizada. A continuación, presentamos los principales símbolos utilizados para graficar el VSM.

Figura 5, Simbología para VSM.



Fuente: Escuela de organización industrial (EOI)

### 1.13. TPM (Total Productive Maintenance)

El Mantenimiento Productivo Total en conjunto de técnicas y estrategias cuya finalidad es asegurar que los equipos parte de las operaciones estén siempre disponibles para producir adecuadamente. Orienta sus esfuerzos a eliminar averías anticipándose a las fallas. El TPM aspira a 4 objetivos importantes: Maximizar eficacia de los equipos, Implementar un sistema de Mantenimiento Productivo para toda la vida útil de los equipos, Todas las áreas de la empresa se involucran en el diseño, uso y mantenimiento de las máquinas e involucra a todos los niveles de la organización (Gacharná & Gonzales, 2013). Para lograr la eficacia de los equipos se debe eliminar las 6 grandes pérdidas que restan operatividad de los equipos, según la Escuela de Organización Industrial (EOI) éstos son como sigue: “Tiempo Muerto (Averías debido a fallos en el equipo, preparación y ajuste), Pérdidas de velocidad (Tiempos en vacío y paradas cortas; velocidad reducida), Defectos (Menor rendimiento entre la puesta en marcha de las máquinas y la producción continua)” (Escuela de Organización Industrial - EOI, 2013).

## CAPÍTULO III. RESULTADOS

### 2. RESULTADOS.

#### 2.1. USO DE HERRAMIENTAS LEAN MANUFACTURING EN LA INDUSTRIA METALMECÁNICA.

##### 2.1.1. EXTRACCIÓN DE LA INFORMACIÓN

En la tabla 1, se resume los resultados de la selección de las tesis universitarias que se tomó en cuenta en la presente Revisión Sistemática, para ellos tuvo acceso a la base datos del Registro Nacional de Trabajos de Investigación (RENATI). Utilizándose los términos de búsqueda establecidos en el Capítulo I, Metodología.

Tabla 2, Tabla de selección de tesis.

TERMINO DE BÚSQUEDA	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	TOTAL
Mejoras de la productividad con Herramientas Lean Manufacturing.	1,393	1,135	7,587	5,162	8,125	33,274	55,509	30,996	143,181
Lean Manufacturing/Manufactura esbelta	24	21	126	66	128	452	850	320	1,987
Metalmecánica	1	1	2	3	2	6	14	1	30

Fuente: Registro Nacional de trabajos de Investigaciones – RENATI. Elaboración Propia.

Así se tiene que el número de investigaciones sobre mejoras de la productividad relacionada con herramientas Lean va desde 1 393 investigaciones en el año 2011 hasta 30 996 investigaciones en 2018, tal como se muestra en la gráfica. Siendo el año 2017 en el que más investigaciones se realizaron en el período 2 011 – 2 018, sin considerar lo que queda del presente año.

Gráfica 1, Investigaciones sobre mejoras aplicando Lean Manufacturing.



Fuente: Registro Nacional de trabajos de Investigaciones – RENATI. Elaboración Propia

La gráfica 2, muestra la evolución en cantidades de investigaciones relacionadas a propuestas de mejora de productividad utilizada para mejorar indicadores de productividad en los diferentes sectores de producción. El año con mayor producción de investigaciones de tesis de las diferentes universidades del país fue 2,017, llegándose a registrar 850 investigaciones esto significa un incremento de 88.05%, lo cual demuestra el interés de los investigadores por un sector clave en la economía nacional. Se usó el siguiente termino de búsqueda “Herramientas Lean Manufacturing más empleados para incrementar la productividad la industria metalmecánica”

Gráfica 2, Uso de Lean Manufacturing por año.



Fuente: Registro Nacional de trabajos de Investigaciones – RENATI. Elaboración Propia

De acuerdo a la metodología planteada para este estudio se seleccionaron las tesis de grado que cumpliesen con los parámetros allí establecidos y que son básicamente: “Herramientas Lean Manufacturing empleadas para mejorar la productividad en la industria metalmecánica”. La gráfica 3, muestra el número de investigaciones tomadas en cuenta por año, el año que mayores investigaciones aporta al estudio es 2017, este punto se resalta pues se trata de información actualizada desde el punto de vista del contexto competitivo, tecnológico y económico. Se usó el termino de búsqueda siguiente: “Herramientas Lean Manufacturing” Clave “Metalmecánica)



Gráfica 3, Tesis - Lean Manufacturing en la industria metalmecánica por año.



Fuente: Registro Nacional de trabajos de Investigaciones – RENATI. Elaboración Propia.

La Tabla 3, muestra el número de investigaciones aportadas por universidades para este estudio.

Tabla 3, Investigaciones por universidades.

IT	Universidad	Abrev	Totales
1	Universidad Cesar Vallejo - UCV	UCV	10
2	Pontificia Universidad Católica del Perú - PUCP	PUCP	5
3	Universidad de Ciencias Aplicadas - UPC	UPC	5
4	Universidad Privada del Norte - UPN	UPN	4
5	Universidad San Martín de Porres - USMP	USMP	2
6	Universidad San Ignacio de Loyola - USIL	USIL	2
7	Universidad Nacional de Ingeniería - UNI	UNI	1
8	Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo - UCSTM	UCSTM	1
			<b>30</b>

Fuente: Registro Nacional de trabajos de Investigaciones – RENATI. Elaboración Propia.

La universidad con mayor número de tesis universitarias que proponen el uso de Lean Manufacturing como herramienta de mejora de la productividad para incrementar sus indicadores en el sector industrial metalmecánica, es la Universidad César Vallejo (UCV) con 10 estudios tomados en cuenta, seguido de las universidades Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP) con 5 estudios seleccionados, Universidad de Ciencias Aplicadas (UPC) y Universidad Privada del Norte (UPN), tal como se muestra en la gráfica 4 y Tabla 3.

Gráfica 4, Investigaciones por universidades.



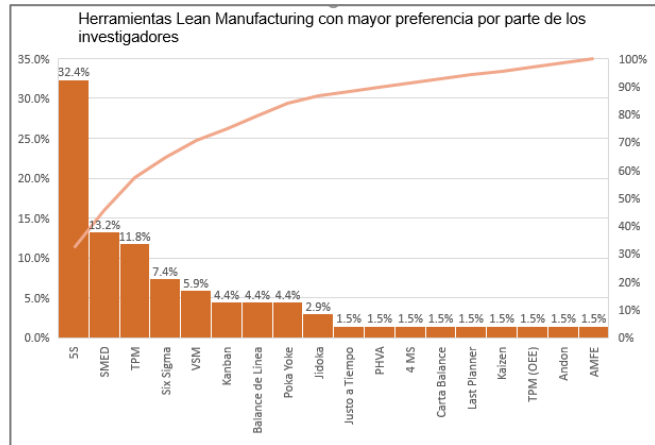
Fuente: Registro Nacional de trabajos de Investigaciones – RENATI. Elaboración Propia

### 2.1.2. RESULTADOS RELEVANTES

Realizada la selección de las investigaciones a ser tomadas en cuenta para este estudio, se procedió a extraer la información más relevante y de interés del mismo. La extracción de la información de cada una de las tesis universitarias seleccionada nos enfocamos en la toma de información que aporte con el objetivo planteado en el capítulo II. Para cumplir con el objetivo principal y la pregunta de la revisión sistemática: ¿Qué herramientas Lean Manufacturing son las más empleadas para mejorar la productividad en la industria metalmecánica? Se elaboró una tabla y una gráfica de Pareto de las herramientas Lean Manufacturing más usadas para implementar mejoras que ayuden a incrementar indicadores de productividad en el sector industrial Metalmecánica.

Tabla 4, Herramientas Lean Manufacturing más usadas.

Herramientas Lean	Frecuencia (Número Investigaciones que proponen Lean Manufacturing)	
Kanban	3	4.4%
SMED	9	13.2%
Balance de Linea	3	4.4%
5S	22	32.4%
VSM	4	5.9%
Justo a Tiempo	1	1.5%
Jidoka	2	2.9%
Poka Yoke	3	4.4%
TPM	8	11.8%
PHVA	1	1.5%
Six Sigma	5	7.4%
4 MS	1	1.5%
Carta Balance	1	1.5%
Last Planner	1	1.5%
Kaizen	1	1.5%
TPM (OEE)	1	1.5%
Andon	1	1.5%
AMFE	1	1.5%



Elaboración Propia

En primer lugar tenemos que la herramienta 5S, implementada por Toyota en los años 60 en su líneas de producción conocida como Toyota Production Systems, con 22 menciones (32.4%), es la herramienta más usada, esta herramienta es simple y de bajo costo de implementar, pero que tiene un gran impacto en la producción pues al mantener clasificado, ordenado, limpio y estandarizado un proceso será más eficiente y si a eso le agregamos la disciplina se generará un círculo virtuoso que aportará valor al proceso al reducir despilfarros de recorridos, de materiales, de gestión, etc.

La Tabla 4, muestra que otra de las herramientas más usadas por los investigadores para mejorar la productividad es la técnica SMED o también conocida como la herramienta de Cambio de molde en menos de diez minutos, diseñada por el ingeniero Shigeo Shingo en los años 50, esta técnica aporta mucho en la reducción del tiempo de Cambio, evita las esperas prolongadas para el siguiente proceso, una de las mudas más comunes en producción por lotes (Díaz, 2017).

El uso del Mantenimiento Productivo Total (TPM) en la tercera posición con 11.8% de menciones también se constituye como una herramienta más propuesta por la academia pues tiene incidencia directa y un impacto importante en la producción, su función es asegurar la disponibilidad de las máquinas, evitar que fallen que tengan continuidad y flujo evitando paras no programadas (Huachaca, 2017).

Uno de los grandes problemas que enfrenta industria metalmecánica es la calidad, una herramienta que contribuye a medirla y aplicar medidas que contribuyan con la reducción de fallas y que se plantea 3.4 Defectos por millón de oportunidades es Six Sigma. Según la Tabla 4, esta herramienta es propuesta en un 7.4%.

## **2.2. RESULTADOS DE MEJORA, USO DE HERRAMIENTAS LEAN MANUFACTURING .**

Otra manera de interpretar los hallazgos de esta Revisión Sistemática es desde el punto de vista del resultado o de la mejora obtenida en cada una de las propuestas de las las diferentes Tesis que hemos estudiado, analizando su impacto incidencia directa o indirecta en la mejora considerando 3 dimensiones de la mejora continua: Cantidad, Calidad y Tiempo. Cada herramienta como instrumento de mejora tienen impacto en la reducción de tiempos en todos sus tipos, en la calidad y en la cantidad de salidas. En la gráfica 6, podemos apreciar cuántas veces es mencionada una herramienta Lean Manufacturing en función de las tres dimensiones de la mejora continua (Cantidad, Calidad y Tiempo). Por ejemplo, la herramienta 5S es considerada por 10 investigadores como instrumento de mejora de Tiempo y Cantidad.

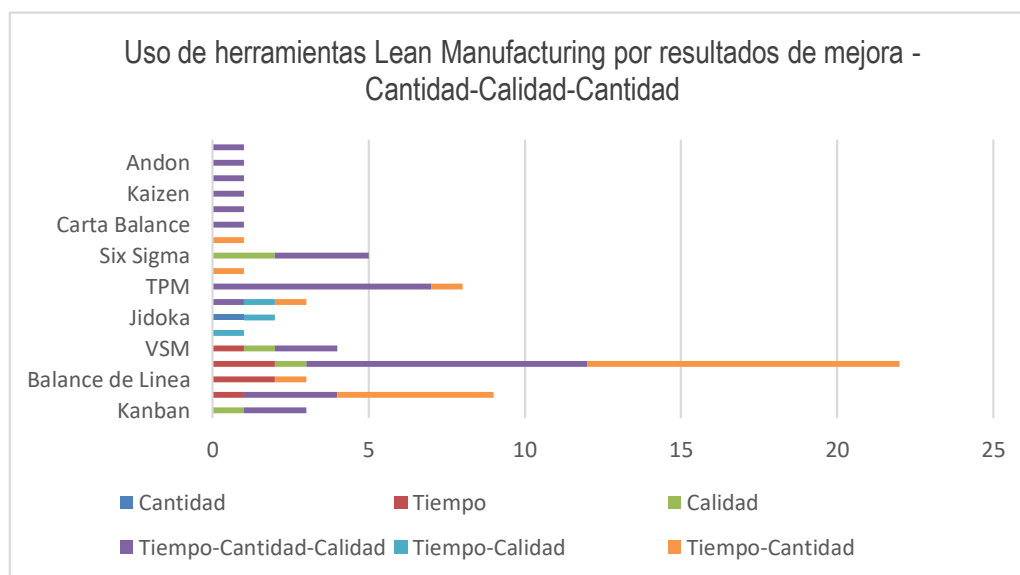
Gráfica 5, Resultados de mejora por herramientas Lean Manufacturing.

Uso de herramientas Lean Manufacturing por resultados						
Herramientas Lean	Cantidad	Tiempo	Calidad	Tiempo-Cantidad-Calidad	Tiempo-Calidad	Tiempo-Cantidad
Kanban			1	2		
SMED		1		3		5
Balance de Linea		2				1
5S		2	1	9		10
VSM		1	1	2		
Justo a Tiempo					1	
Jidoka	1				1	
Poka Yoke				1	1	1
TPM				7		1
PHVA						1
Six Sigma			2	3		
4 MS						1
Carta Balance				1		
Last Planner				1		
Kaizen				1		
TPM (OEE)				1		
Andon				1		
AMFE				1		
<b>Totales</b>	<b>1</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>33</b>	<b>3</b>	<b>20</b>

Elaboración Propia

Otra de las herramientas con mayor desempeño, según el número de menciones de herramientas Lean Manufacturing propuesta para mejorar la productividad es el TPM.

Gráfica 6, Herramientas por resultados de mejora



Elaboración Propia

Las herramientas: AMFE, Andon, Kaizen y Justo a tiempo muestran un menor uso o por lo menos en las investigaciones que buscan mejorar la productividad mediante herramientas Lean Manufacturing son las que menos se tienen en cuenta, sin embargo, si tienen relevancia como herramientas que complementan a otras de mayor uso como las 5S, TPM, SMED, etc.

### **2.3. HERRAMIENTAS LEAN MANUFACTURING DE DIAGNÓSTICO.**

En la gráfica 8 se puede apreciar la interacción de las herramientas Lean Manufacturing, las cuales las hemos dividido en dos tipos de acuerdo a la casa Toyota publicada por la Escuela de Organización Industrial (OEI) a). instrumento de diagnóstico: (VSM, 5W+1H, Diagramas de recorrido, Jidoka, Análisis de Producto-Cantidad (P-Q), DAP, Diagramas de pescado, PHVA, AMFE, Tabla de relación de actividades (TRA), DMAIC, DOP, Curvas de Productividad, Análisis de varianza ANOVA, métrica del OEE, ect) y b). Herramientas de Lean Manufacturing como instrumentos de Mejora de Proceso, los primeros sirven de base para plantear e implementar los segundos, se valen de los datos y estadísticas aportada por las herramientas de diagnóstico, por lo tanto son complementarias (Escuela de Organización Industrial - EOI, 2013). Así tenemos que las herramientas de diagnóstico más usada son el Value Stream Mapping (VSM), Diagrama de Operaciones y Cálculo del Takt Time, seguidos del grupo: Curvas de productividad, Ishikawa, Diagramas de Pareto y Diagrama de Operaciones. Otra herramienta importante aplicada para la etapa de diagnóstico es las 5w+1h, esta herramienta se usa para identificar causas raíz del problema. En la misma medida el Método de Análisis Modal de fallos y efectos (AMFE) tiene 7 menciones de los 68 grupos de herramientas utilizados para diagnóstico en las 30 investigaciones seleccionadas para este estudio. La metodología DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar) utilizada para implementar Six Sigmas también tiene una importante participación en las propuestas de mejora planteadas por los investigadores (5 menciones).

Gráfica 7, Matriz - Lean Manufacturing (Diagnóstico y mejora)

Herramientas de mejora/Herramientas de Diagnóstico	Kanban	SMED	Balace de Linea	5S	VSM	Justo a Tiempo	Jidoka	Poka Yoke	TPM	PHVA	Six Sigma	4 MS	Carta Balance	Last Planner	Kaizen	TPM (OEE)	Andon	AMFE	
Clasificación ABC, Puntos de reorden	1																		1
VSM actual, Diagrama speagueti		1																	1
Diagrama de precedencia			1																1
Diagrama de Recorrido				2															2
VSM actual		1		1	1														3
6 reglas kanban	1																		1
Análisis de Valor agregado						1													1
Restricciones del proceso, Tabla de tolerancia							1												1
Jidoka								1											1
Análisis de Producto-Cantidad (P-Q), Analisis de Curva		1																	1
5W+1H	1			2					1										4
Identificar cuello de botella		1																	1
Diagrama de recorrido, Layout, 5W+1H, DAP			1																1
PHVA		1		1				1											3
5W+1H, AMFE				1						1									2
PHVA, ISHIKAWA, ANOVA, SIPOC, Método T AGUCHI											1								1
Ishiwawa, Pareto, Tabla de cola, DAP				1								1							2
VSM actual, TRA				1	1														2
DMAIC, VSM actual				1															1
DAP				1															1
VSM actual, DAP, Diagrama Binomial, Diagrama de			1	1															2
VSM, 5W+1H,Matriz de despliegue de Lean	1		1				1												3
Medición de TP, TC y TNC													1						1
Last Planner														1					1
Diagrama de Pareto	1		1						1										3
Curva de productividad, Ishikawa, Pareto, DOP									3										3
Podenracion de Fallas, Ishikawa, Pareto, DMAIC											1								1
VSM, DOP				1															1
VSM actual, DOP				1															1
VSM, Prueba R&R, Analisis de Varianza ANOVA											1								1
DOP de fabricación de casco, VSM actual, Calculo de	2		4	1					1		1				1				10
Diagrama Ishikawa, Diagrama de Pareto, Matriz de									1										1
Métrica del OEE, Criticidad de máquinas, Matriz de																1			1
criticidad. Diagramas de Causa efecto																			1
Matriz AMFE	1		1					1	1		1						1	1	7
PHVA, Arbol de Problemas				1				1											1
<b>Totales</b>	<b>3</b>	<b>10</b>	<b>3</b>	<b>22</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>8</b>	<b>1</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>68</b>

Elaboración Propia

## CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 3. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.

#### 3.1. DISCUSIÓN.

Esta Revisión Sistemática nos permite ubicarnos en el contexto de la gestión de la producción con esquemas, técnicas, herramientas y estrategias de gestión de procesos, de buenas prácticas de procesos, de usos de herramientas que busquen reducir los desperdicios típicos de la producción en el sector industrial de la metalmecánica. Lean Manufacturing o Manufactura esbelta es justamente el instrumento que puede ayudar a afrontar este reto. Así lo sostienen las 30 investigaciones de Tesis universitarias seleccionadas para este estudio. Cada una de las herramientas Lean Manufacturing puede ayudar en mayor o menor medida (dependiendo del área en la que se aplique) a mejorar la productividad, el resultado, incremento de la producción (Cantidad), reducción de tiempos (Tiempo) y cero rechazos para elevar la calidad. (Escuela de Organización Industrial - EOI, 2013). La productividad de la industria metalmecánica se basa en tres pilares básicos: Métodos y tiempos; Planeación de las operaciones y el control de la productividad (Soto, 2017). En estos 3 Pilares, según las investigaciones seleccionadas, ya se viene aplicando exitosamente herramientas Lean Manufacturing tanto como herramientas de diagnóstico como es el VSM (Value Stream Mapping), como herramientas operativas como: 5S, SMED, TPM, Kanban y herramientas de seguimiento tales como Gestión Visual y KPIs sugeridos por la casa Toyota. Sin embargo, en todos los casos las propuestas de implementación de estas herramientas se hicieron o se proponen sin ningún tipo de control externo o de certificación que asegure continuidad de la herramienta implementada. La información extraída fue del período 2011-2018, los estudios comprenden todas las investigaciones de tesis universitarias registradas en el RENATI de Sunedu en el período señalado, que tengan como finalidad incrementar o mejorar la productividad aplicando herramientas Lean Manufacturing en el sector industrial Metalmecánica. Siendo que el sector metalmecánico es muy amplio y que alberga una diversidad de sectores que atiende a minería, construcción, manufactura, etc. Las investigaciones no llegan a cubrir a todos estos sectores, por ejemplo, el sector maquinado de ductería para sistemas de ventilación y aire acondicionado, la instalación electromecánica en la construcción, por tanto, se debe ampliar las investigaciones para



tener un espectro más amplio que nos lleven más allá de las plantas de manufactura, en muchos casos el proceso de un sistema empieza en taller con el maquinado, pero termina con su instalación en una obra de construcción en donde los desperdicios o despilfarros tienen orígenes diferentes a los de un puesto estático.

Luego de haber extraído la información aquí comentaremos los resultados más relevantes empezando por las coincidencias de autores: La primera, la herramienta 5S es considerada por 10 investigadores como instrumento de mejora de Tiempo y Cantidad. (Córdova, 2012) en su estudio “Mejoras en el proceso de fabricación de spools en una empresa metalmecánica usando la Manufactura Esbelta” logró reducir los tiempos de recorrido, esperas, regularidad de cortes en un proceso y mejora de la capacidad de producción. Las mismas herramientas (5S) también es considerada eficaz y con incidencia en las tres dimensiones de la mejora continua, es decir, Calidad, Tiempo y Cantidad. Así lo señala (Portada, 2017) en su investigación “Propuesta de mejora continua de procesos Lean Manufacturing para una empresa carrocera” quien concluye que “Las mejoras planteadas contribuyeron en un incremento de 13% de la producción de furgones, se redujo el costo de la mano de obra en un 48% y la reducción de unidades defectuosas se redujeron en un 29%.

Otra de las herramientas en las que hay una amplia coincidencia por desempeño, según el número de menciones de herramientas Lean Manufacturing propuesta para mejorar la productividad es el TPM. (Huachaca, 2017) en su estudio “Aplicación del TPM en el área de maestría para mejorar la productividad de las máquinas en la empresa CIPSA, Ate, 2017”. Implementó el TPM en el proceso de maestría de la empresa CIPSA, logrando un impacto en Cantidad, Calidad y Tiempo. Tuvo como resultado: Incremento de la productividad pasando de 57% a 73%, aumento de la eficiencia de las máquinas de 77% a 88%. De la misma manera (Silva, 2017) en su investigación titulada “Mejora del proceso de producción de tiradores de acero inoxidable para incrementar la productividad en la empresa metalmecánica Industrias Higinio E.I.R.L; Lima 2017”

implementó la técnica del TPM, logrando un incremento de un 11.19% de la productividad, Reducción de Tiempo de ciclo y aumento de la producción.

Una Herramienta Lean Manufacturing de diagnóstico por excelencia es el Mapa de Cadena de Valor o VSM por sus siglas en inglés la mayoría de los autores la utilizan como instrumento para conocer la situación actual del proceso, aportando tiempos de recorrido, lead time, takt time, tiempo de ciclo. Uno de los autores que mejor uso hizo de esta herramienta es (Baluis, 2013) en su investigación titulada “Optimización de procesos en la fabricación de termas eléctricas utilizando herramientas de Lean Manufacturing. “, en donde se vale de esta herramienta VSM para identificar, analizar y controlar los tiempos de ciclo de los procesos, los días de inventarios entre procesos en fábrica, los tiempos de cambio de molde y la disponibilidad de máquinas.

Finalmente, la metodología de búsqueda podría mejorarse para lograr una mayor cantidad de investigaciones si agrega una variable más a los términos de búsqueda, la cual podría ser el nombre de la herramienta de interés, esto debido en que los títulos de las investigaciones en muchos casos solo nombran la palabra Lean Manufacturing para referirse al conjunto de herramientas y no por el nombre de cada una de las herramientas.

### 3.2. CONCLUSIONES.

- El objetivo de la presente revisión sistemática es respondido con la identificación de las herramientas o técnicas más usadas para mejorar la productividad en el sector industrial metalmecánica, según estudio expuesto en los tres capítulos anteriores y son las siguientes: 5S (32.4%), SMED (13.2%), TPM (11.8%), SIX SIGMAS (7.4%) y VSM (5.9%) conforman el primer bloque con menciones por encima del 5%. El otro grupo lo conforman: Kanban, Balance de Línea, Poka Yoke, Justo a tiempo, PHVA, 4 MS, Carta Balance, Last Planner, Andon y AMFE.
- Las herramientas que mayor de Valor en términos de Cantidad y la Mezcla C-C-T (Cantidad, Calidad y Tiempo) es las 5S, seguido de TPM. Las 5S tiene un gran impacto en la producción pues al mantener clasificado, ordenado, limpio y estandarizado un proceso será más eficiente y sí a eso le agregamos la disciplina se generará un círculo virtuoso que aportará valor al proceso al reducir despilfarros de recorridos, de materiales, de gestión, etc.
- En Términos solo de Calidad, la herramienta que mayor aporte es Six Sigmas y es mencionada con mayor énfasis en la mezcla de C-C-T (Cantidad, Calidad y Tiempo).
- Las herramientas más usadas en términos de mejora de Tiempo para incrementar productividad de las Herramientas Manufacturing es las 5S, seguido por: Balance de Línea, SMED y TPM. Estas herramientas son base de los procesos de manufactura en donde se debe asegurar la disponibilidad de las máquinas, tiempos de recorrido cortos, estandarizaciones en procesos repetitivos, balance de las líneas de producción, tiempos de preparar cortos (set up), etc.

## REFERENCIAS

- Arce, F. A. (2017). *Manufactura esbelta para elevar la productividad en una*. Tesis de Maestría, Universidad Cesar Vallejo - UCV, Lima.
- Ayuni, D. I., & Matheus, A. d. (2015). *Sistema de mejora continua en la empresa ARNAO S.A.C. bajo la metodología PHVA*. Tesis para Título de Ingeniero Industrial, Universidad San Martin de Porres - USMP, Lima.
- Baluis, C. A. (2013). *Optimización de procesos en la fabricación de termas eléctricas utilizando herramientas de Lean Manufacturing*. Tesis para Título de Ingeniero Industrial, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima.
- Bances, R. G. (2017). *Implementación de lean manufacturing para mejorar la productividad en el taller metalmecánica Wensay Aceros s.a., Puente Piedra, 2017*. Universidad Cesar Vallejo - UCV. Lima.
- Barahona, L., & Navarr, J. (2013). *Mejora del proceso de galvanizado en una empresa manufacturera de alambres de acero aplicando la metodología Lean Six Sigma*. Tesis para Título de Ingeniero Industrial, Pontificia Universidad Católica del Perú - PUCP, Lima.
- Benites, V. S. (2017). *Análisis y propuesta de mejora de procesos para una empresa metalmecánica de sistemas de izajes para centros mineros*. Tesis para Título de Ingeniero Industrial, Pontificia Universidad Católica del Perú - PUCP.
- Carhuay, E. G. (2017). *Mejora en la productividad durante la fabricación de cabina cerrada implementando lean manufacturing en una empresa privada metalmecánica*. Tesis para Título de Ingeniero Industrial, Universidad San Ignacio de Loyola - USIL, Lima.
- Córdova, F. P. (2012). *Mejoras en el proceso de fabricación de spools en una empresa metalmecánica usando la Manufactura Esbelta*. Tesis para título de Ingeniero Industrial, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima.
- Díaz, D. Y. (2017). *Aplicación de la técnica SMED para mejorar la Productividad en el Área de Torno de la empresa Sergo Industrial S.A, Lima 2016*. Tesis para Título de Ingeniero Industrial, Universidad Cesar Vallejo - UCV, Lima.
- Escuela de Organización Industrial - EOI. (2013). *Lean Manufacturing, Conceptos, técnicas e implantación*. Madrid: EOI.

- Flores, J. E. (2017). *Implementación de la herramienta Six Sigma para mejorar la calidad del área de mecanizado en la empresa fusión mecánica industrial SAC, 2017*. Tesis para Título de Ingeniero Industrial, Universidad Cesar Vallejo - UCV, Lima.
- Gacharná, V., & Gonzales, D. (2013). *Propuesta de mejoramiento del sistema productivo en la empresa de confecciones mercy empleando herramientas de Lean Manufacturing*. Trabajo de Grado, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá.
- Hernandez, C. (2014). *La metodología Seis Sigma, sus herramientas y Ventajas*. Trabajo monográfico para obtener Título de Master, Universidad Veracruzana, Xalapa.
- Hernández, E. Y. (2014). *Propuesta de reducción del retraso de productos terminados en el área de producción de una empresa metalmeccánica mediante la Teoría de las Restricciones y herramientas Lean*. Tesis para Título de Ingeniero Industrial, Universidad de Ciencias Aplicadas - UPC, Lima.
- Huachaca, A. M. (2017). *Aplicación del TPM en el área de maestranza para mejorar la productividad de las máquinas en la empresa CIPSA, Ate, 2017*. Tesis para Título de Ingeniero Industrial, Universidad Cesar Vallejo - UCV, Lima.
- Ingar, C. A. (2016). *Mejoramiento de la calidad aplicando Six Sigma en el servicio de reparación de cilindros hidráulicos en una empresa metal-mecánica*. Tesis para Título de Ingeniero Industrial, Universidad San Martin de Porres - USMP, Lima.
- Mayuri, C. E., & Díaz, H. Y. (2016). *Implementación del lean manufacturing para mejorar la productividad en la fabricación de reductores de velocidad en la compañía peruana S.A.C., 2016*. Tesis para Título de Ingeniero Industrial, Universidad Privada del Norte - UPN, Lima.
- Medianero, D. (2016). *Productividad Total, Teoría y métodos de medición*. Lima: Editorial Macro.
- Medrano, G. M. (2016). *Aplicación de herramienta lean manufacturing para mejorar la productividad en la empresa cia industrial el cid s.a.c., san juan de lurigancho, 2016*. Tesis para Título de Ingeniero Industrial, Universidad Cesar Vallejo - UCV, Lima.
- Meza, Q. L. (2014). *Análisis y mejora de procesos en la sección matricería para la fabricación de brocas para perforación diamantina en una empresa metal mecánica fabricante de productos*. Tesis para Título de Ingeniero Industrial, Pontificia Universidad Católica del Perú - PUCP, Lima.
- Ministerio de la Producción. (07 de Setiembre de 2018). <https://www.produce.gob.pe>. Obtenido de <https://www.produce.gob.pe/index.php/k2/noticias/item/994-produce-sector-metalmeccanico-registro-crecimiento-de-6-1-durante-el-primer-cuatrimestre-del-ano>

- Nestares, R. A. (2011). *Propuesta de mejora en el proceso de producción de latas de 1 y ¼ gal de capacidad para aumentar la productividad de una empresa de la industria metalmeccánica*. Tesis para Título de Ingeniero Industrial, Universidad de Ciencias Aplicadas - UPC, Lima.
- Ospina, J. P. (2016). *Propuesta de distribución de planta, para aumentar la productividad en una empresa metalmeccánica en ate Lima, Perú*. Tesis para Título de Ingeniero Industrial, Universidad San Ignacio de Loyola - USIL, Lima.
- Pastor, L. F. (2018). *Propuesta de mejora del proceso de producción aplicando la metodología Six Sigma para reducir defectos en la empresa RMB SATECI S.A.C*. Tesis para Título de Ingeniero Industrial, Universidad Privada del Norte - UPN, Lima.
- Portada, L. E. (2017). *Propuesta de mejora continua de procesos Lean Manufacturing para una empresa carrocera*. Tesis para Título de Ingeniero Industrial, Universidad de Ciencias Aplicadas - UPC, Lima.
- Quispe, K. (2016). *Reducción de plazos de producción e incremento de la productividad mediante aplicación de herramientas Lean Manufacturing en una Empresa Metalmeccánica*. Tesis para Título de Ingeniero Industrial, Universidad Nacional de Ingeniería - UNI, Lima.
- RENATI - SUNEDU. (02 de Setiembre de 2018). <http://renati.sunedu.gob.pe/>. Obtenido de <http://renati.sunedu.gob.pe/>
- Rivera, J. A. (2017). *Propuesta de mejora de eficiencia en reparación de equipos industriales de una empresa metal meccánica identificando procesos que no generen valor*. Tesis para Título de Ingeniero Industrial, Universidad Privada del Norte - UPN, Lima.
- Schroeder, R. G., Meyer, S., & Rungtusanathan, M. J. (2011). *Administración de operaciones - Conceptos y casos contemporáneos*. New York: Mc Graw Hill.
- Silva, L. (2017). *Mejora del proceso de producción de tiradores de acero inoxidable para*. Tesis para Título de Ingeniero Industrial, Universidad Cesar Vallejo - UCV, Lima.
- Soto, P. E. (2017). *La aplicación de Lean Manufacturing en la mejora de la productividad en la fabricación de casco de buques de la empresa SIMA S.A., Callao, 2017*. Tesis para Título de Ingeniero Industrial, Universidad Cesar Vallejo - UCV, Lima.
- Torres, M. A. (2017). *Mejora de la Productividad a través de la aplicación de herramientas del Lean Manufacturing en la planta de tanques de 80 Galones de la empresa Jabesa del distrito de Los Olivos, 2017*. Tesis para Título de Ingeniero Industrial, Universidad Cesar Vallejo - UCV, Lima.
- Torres, P. A. (2017). *Aplicación del TPM para la mejora de la productividad de las Cisternas en la empresa Multiservis F.V.R. E.I.R.L., Callao, 2017*. Tesis para Título de Ingeniero Industrial, Universidad Cesar Vallejo - UCV, Lima.

- Torres, R. D. (2014). *Propuesta de mejora en el proceso de fabricación de pernos en una empresa metalmeccánica*. Tesis para Título de Ingeniero Industrial, Universidad de Ciencias Aplicadas - UPC, Lima.
- Valdivieso, C. M., & Zúñiga, H. M. (2016). *Diagnóstico y mejora de los procesos de un taller de reparación de carrocería y pintura aplicando herramientas de lean*. Tesis para Título de Ingeniero Industrial, Universidad de Ciencias Aplicadas - UPC, Lima.
- Valladares, A. (2009). *Desarrollo de una propuesta para mejorar la productividad del sector transporte de carga de el salvador*. Trabajo de graduación previo al grado de Ingeniero Industrial, Universidad de el Salvador, San Salvador.
- Valle, J. M., & Ibañez, R. (2017). *Mejora de la productividad en las partidas de falso cielo raso de superboard e instalacion de ventanas de cristal templado mediante el uso de las herramientas de la filosofía lean construction en la obra construccion del hospital ii-1 nuestra señora del r*. Tesis para Título de Ingeniero Industrial, Universidad Privada del Norte - UPN, Lima.
- Vásquez, L. M. (2015). *Propuesta para aumentar la productividad del proceso productivo de cajas porta-medidores de energía monofásicas en la industria metálica CERINSA E.I.R.L., aplicando el overall equipment effectiveness (OEE)*. Tesis para Título de Ingeniero Industrial, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo - UCSTM, Lima.
- Villacorta, L. (2015). *Impacto de la logística en la reducción de tiempos operativos y costos en proyectos en bisa construcción s. a*. Tesis para título de Ingeniero Industrial, Universidad Privada del Norte, Lima.
- Villaseñor, A., & Galindo, E. (2016). *Conceptos y Reglas de Lean Manufacturing*. Mexico. D.F: Limusa.