



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN EN UNA EMPRESA DE
PROCESOS METALMECÁNICOS POR MEDIO DE MANUFACTURA ESBELTA, EN LA
CIUDAD DE GUATEMALA**

Héctor Alexander Ajú Menendez

Asesorado por el M.A. Ing. Marvin Leonel Vargas Santizo

Guatemala, marzo de 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN EN UNA EMPRESA DE
PROCESOS METALMECÁNICOS POR MEDIO DE MANUFACTURA ESBELTA, EN LA
CIUDAD DE GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

HÉCTOR ALEXANDER AJÚ MENENDEZ

ASESORADO POR EL M.A. ING. MARVIN LEONEL VARGAS SANTIZO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICO

GUATEMALA, MARZO DE 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Kevin Armando Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Ing. Jorge Mario Sitaví Cos
EXAMINADOR	Ing. Jorge Gilberto González Padilla
EXAMINADOR	Ing. Carlos Snell Chicol Morales
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN EN UNA EMPRESA DE PROCESOS METALMECÁNICOS POR MEDIO DE MANUFACTURA ESBELTA, EN LA CIUDAD DE GUATEMALA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Estudios de Postgrado con fecha 14 de agosto de 2021

Héctor Alexander Ajú Menendez



EEPFI-PP-0374-2022

Guatemala, 14 de enero de 2022

Director
Armando Alonso Rivera Carrillo
Escuela De Ingeniería Mecánica Eléctrica
Presente.

Estimado Ing. Rivera

Reciba un cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería.

El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado y aprobado el Diseño de Investigación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN EN UNA EMPRESA DE PROCESOS METALMECÁNICOS POR MEDIO DE MANUFACTURA ESBELTA, EN LA CIUDAD DE GUATEMALA**, el cual se enmarca en la línea de investigación: **Área de Operaciones - Excelencia operacional**, presentado por el estudiante **Héctor Alexander Ajú Menendez** carné número **201602774**, quien optó por la modalidad del "PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO". Previo a culminar sus estudios en la Maestría en ARTES en Gestión Industrial.

Y habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Décimo, Inciso 10.2 del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente para el trámite correspondiente de graduación de Pregrado.

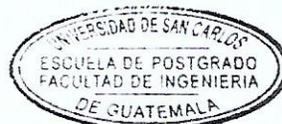
Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

Mtro. **Marvin Leonel Vargas Santizo**
Asesor(a)

Mtro. **Carlos Humberto Aroche Sandoval**
Coordinador(a) de Maestría


Mtro. **Edgar Darío Alvaréz Cotí**
Director
Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería





EEP-EIME-0374-2022

El Director de la Escuela De Ingenieria Mecanica Electrica de la Facultad de Ingenieria de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador y Director de la Escuela de Estudios de Postgrado, del Diseño de Investigación en la modalidad Estudios de Pregrado y Postgrado titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN EN UNA EMPRESA DE PROCESOS METALMECÁNICOS POR MEDIO DE MANUFACTURA ESBELTA, EN LA CIUDAD DE GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario **Héctor Alexander Ajú Menendez**, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingenieria en esta modalidad.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Armando Alonso Rivera Carrillo
Director
Escuela De Ingenieria Mecanica Electrica

Guatemala, enero de 2022

Decanato
Facultad de Ingeniería
24189101- 24189102
secretariadecanato@ingenieria.usac.edu.gt

LNG.DECANATO.OI.174.2022

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN EN UNA EMPRESA DE PROCESOS METALMECÁNICOS POR MEDIO DE MANUFACTURA ESBELTA, EN LA CIUDAD DE GUATEMALA**, presentado por: **Héctor Alexander Ajú Menendez**, después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada

Decana

Guatemala, marzo de 2022

AACE/gaoc

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por brindarme sabiduría y todo se le debe a él.
- Mi madre** Norma Menendez, persona a la que le debo la vida y le agradezco por su apoyo incondicional que me ha brindado para terminar la universidad.
- Mi padre** Héctor Ajú, por su apoyo en todos los aspectos de mi vida y persona que me motivó a estudiar el campo de la ingeniería y su amor hacia mi persona.
- Mis hermanas** Stefany y Ángela Ajú, por ser las personas que traen alegría en la familia.
- Mis abuelos** Por ser las personas que más amor brindan para la familia.

AGRADECIMIENTOS A:

Facultad de Ingeniería	Por brindarme los conocimientos necesarios a través de cada catedrático.
Ing. Marvin Vargas	Por su apoyo y excelente disposición para ser el revisor que hizo posible esta meta.
Ing. Héctor Ajú	Por su soporte económico, emocional e intelectual en la travesía del viaje universitario
Norma Menéndez	Por ser la persona que sostiene mi vida en cada aspecto y su amor incondicional.
Mis amigos	Por ser un soporte intelectual a lo largo de cada curso que pasamos juntos y toda la motivación que me brindaron.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN.....	XI
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	3
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	7
3.1. Descripción del problema	7
3.2. Formulación del problema	8
3.2.1. Pregunta central	8
3.2.2. Preguntas de investigación.....	8
3.3. Delimitación de estudio.....	9
3.3.1. Límite temporal	9
3.3.2. Límite geográfico	9
3.3.3. Límite espacial.....	9
3.3.4. Límite institucional	9
3.4. Viabilidad de la investigación.....	10
3.5. Consecuencias de realizar la investigación	10
3.5.1. De realizarse.....	10
3.5.2. De no realizarse.....	11
4. JUSTIFICACIÓN	13

5.	OBJETIVOS.....	15
5.1.	General	15
5.2.	Específicos.....	15
6.	NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN	17
6.1.	Etapas de la investigación.....	17
6.1.1.	Fase 1: Revisión documental	18
6.1.2.	Fase 2: Diagnóstico.....	18
6.1.3.	Fase 3: Definición del modelo	18
6.1.4.	Fase 4: Diseño de evaluación de rendimiento.....	19
6.2.	Esquema de solución	19
7.	MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL.....	21
7.1.	Procesos metalmecánicos	21
7.1.1.	Definición de máquinas herramientas	21
7.1.2.	Proceso de mecanizado	21
7.1.3.	Generalidades de productos metalmecánicos.....	23
7.2.	Sistemas de producción	23
7.2.1.	¿Qué es un sistema de producción?	24
7.2.2.	Función de un sistema de producción	24
7.2.3.	Objetivo de un sistema de producción	25
7.2.4.	Capacidad de manufactura	25
7.2.5.	Productividad.....	26
7.2.6.	Medición de la productividad	26
7.2.7.	Eficiencia y productividad	27
7.3.	Manufactura esbelta.....	28
7.3.1.	Generalidades de la manufactura esbelta	28
7.3.2.	Los Siete tipos de Desperdicios	28
7.3.3.	El balance del tiempo de operaciones.....	29

7.3.4.	Herramientas de la manufactura esbelta	30
7.3.4.1.	Las 5's	30
7.3.4.2.	Kanban	31
7.3.4.3.	Justo a tiempo	32
7.3.4.4.	Jidoka	33
7.3.5.	Beneficios de la aplicación de la manufactura Esbelta.....	33
8.	PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDO	35
9.	METODOLOGÍA.....	37
9.1.	Diseño	37
9.2.	Enfoque	37
9.3.	Tipo	37
9.4.	Alcance.....	38
9.5.	Variables e indicadores	38
9.6.	Fases de la investigación	40
9.7.	Población y muestra	42
10.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	45
11.	CRONOGRAMA.....	47
12.	FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO	49
12.1.	Recursos	49
12.1.1.	Recursos humanos.....	49
12.1.2.	Recursos físicos	49
12.1.3.	Recursos financieros	50

13.	REFERENCIAS	51
14.	APÉNDICES	55

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Fases de la Investigación.....	19
----	--------------------------------	----

TABLAS

I.	Variables e indicadores.....	39
II.	Cálculo de Muestra.....	43
III.	Cronograma de actividades.....	47
IV.	Presupuesto.....	50

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
σ	Desviación estándar
%	Porcentaje
Q	Quetzales

GLOSARIO

5s	Técnica de manufactura esbelta aludiendo a cinco principios.
<i>Jidoka</i>	Es una herramienta que busca elevar la calidad en un proceso determinado.
JIT	<i>Just in time</i> (justo a tiempo).
<i>Kanban</i>	Es una herramienta para elevar la eficiencia en un proceso por medio de indicadores visuales.
<i>Lean Manufacturing</i>	Hace referencia a la manufactura esbelta en el idioma inglés, siendo esta una filosofía empresarial.
Metalmecánica	Es un concepto que engloba la manipulación de metales por medio de herramientas de corte para producir algo deseado.
Sistema de producción	Hace mención de la producción de cierto elemento o servicio en condiciones óptimas.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación presenta la aplicación de las herramientas de manufactura esbelta para incrementar la eficiencia en la producción de piezas metalmecánicas.

La presente investigación se desarrolla analizando la metodología en la producción de una empresa de procesos metalmecánicos y cómo pueden presentar inconvenientes para la misma. Por tanto, al describir la manera de elevar la eficiencia del proceso se genera un valor agregado a la calidad del producto, una reducción en tiempos de entrega y la satisfacción de los clientes.

La herramienta que se utiliza en la investigación es la manufactura esbelta, siendo parte de esta principiar con identificar los tipos de desperdicios en el proceso y luego contrarrestarlo con las técnicas de manufactura esbelta que para fines de este trabajo se incluyen las 5's, *Kanban*, *Jidoka* y Justo a tiempo, a través de las cuales es posible mejorar el proceso de producción.

Por tanto, la estandarización del sistema de producción de la organización fue analizado por medio de las técnicas de manufactura esbelta, resultando en mejorar la experiencia del cliente.

1. INTRODUCCIÓN

El presente informe tiene como objetivo la documentación de la investigación que se lleva a cabo para realizar la sistematización de un sistema de producción por medio de manufactura esbelta, enfocado a la producción de piezas metalmecánicas de una compañía de procesos de manufactura de la ciudad de Guatemala.

La importancia de la investigación radica en un sistema de producción que permita elevar el rendimiento de fabricación de piezas metalmecánicas por medio de la utilización de herramientas de manufactura esbelta en el área de manufactura, para optimizar los procesos del maquinado de piezas y marcar un cambio significativo en la satisfacción del cliente que se ve afectado por la variación de calidad y los retrasos en entregas de los productos, buscando un enfoque rentable y un incremento en el desempeño de la producción.

Con respecto a la factibilidad de la investigación se obtuvo la autorización de una empresa de fabricación de productos metalmecánicos interesada en optimizar procesos de manufactura, contando con los datos pertinentes para el estudio y la disponibilidad de observación de los procesos para realizar las recomendaciones que interesen.

La necesidad de la investigación surge a raíz que se ha identificado la ineficiencia en la fabricación de los productos de tal modo que el producto final presenta variaciones de calidad y también se presenta fluctuaciones de tiempo considerable en los procesos presentes en la manufactura de los productos,

incidiendo en la disconformidad de los clientes produciendo más retrasos en todo el proceso.

Esta investigación desarrollará información de mucha importancia en el estudio del proceso para estructurar por medio de la aplicación del pensamiento esbelto se puede mejorar el proceso y elevar la eficiencia del sistema de producción del proceso de manufactura correspondiente y se desarrolla durante los meses comprendidos entre junio de 2021 y noviembre de 2022, de tal forma que el trabajo de investigación comprenda de manera clara el planteamiento del problema, su desarrollo y cómo abordar la solución del problema planteado.

La investigación estará conformada por marco teórico en el cual se detallan las definiciones y la explicación de que es un sistema de producción, la función de las herramientas de manufactura esbelta en una industria y cómo inciden en la mejora de los procesos, los conceptos básicos del desarrollo de producción de piezas metalmecánicas y las máquinas herramientas que se deben tomar en cuenta.

2. ANTECEDENTES

Ballesteros (2008) sobre las matices de una manufactura esbelta en el sector industrial, dice que este tipo de manufactura basada en un pensamiento esbelto se puede entender como una estrategia de producción, tal que consta de algunas herramientas tipo administrativas cuyo objetivo es colaborar en conjunto para borrar todo aquello que reste valor al producto final y a los procesos asociados que este conlleva, es decir que trata de minimizar todo tipo de desperdicios por medio de generar valor o una mejora.

Sienta las bases del rumbo que debe tomar la investigación, sobre los conceptos iniciales y como un buen sistema de producción incide directamente sobre cada aspecto de una industria y sus servicios

El artículo de Terán, Sánchez y Álvarez (2009) titulado Estudio comparativo de la productividad en el sector metalmecánico, comprobaron que para que una industria pueda incrementar su productividad en la planta se deben mejorar sus procesos, basándose en la mejora del departamento de producción considerando todos los aspectos desde la adquisición y llegada de los materiales a la compañía hasta que se le entrega al cliente su producto solicitado. Se hace un énfasis en las acciones a buscar para incrementar el rendimiento, ósea eficiencia y adecuarse a cambios futuros en el mercado.

Por ende, se debe contar con procedimientos establecidos en que cada trabajador operario tenga el conocimiento y la capacidad para una evaluación por medio de indicadores o auditoría de su respectiva ejecución dentro del proceso.

Aportando a la investigación las bases de lo que un modelo de producción en una organización relacionada a la metalmecánica puede y debe pretender buscar para agregar valor a sus operaciones correspondientes y por ende elevar la retroalimentación positiva de los clientes.

En el artículo de Carillo, Alvis, Mendoza y Cohen (2018) hace mención que *lean manufacturing* es una herramienta que mejora la calidad, estudiando una empresa de metalmecánica. Desarrollan una metodología de aplicación con herramientas lean para una empresa metalmecánica, en la cual se realizó en cuatro fases, las cuales se describen como: fase cero que es un diagnóstico de la compañía y un análisis por un tercero, este se realizó utilizando un estudio de diagnóstico y análisis documental. La siguiente fase fue acerca de, diagnóstico inicial por medio de observación en los procesos de manera directa y la aplicación de técnicas como entrevistas al personal y consultas dentro de las instalaciones.

Seguidamente la fase de análisis de la aplicación de las técnicas incidentes de común acuerdo con la dirección. Por último, la fase de evaluación de los resultados de la implementación de las herramientas por medio de contrastar los datos obtenidos de una simulación y de criterios estadísticos acerca de la respuesta probabilística de los datos de la investigación.

Inciendo en la investigación de manera directa dado a los métodos que menciona el autor y cómo diseña e implementa la manufactura ágil en un ecosistema de máquinas herramientas y lo fusiona con un plan que vaya enfocado al mantenimiento preventivo, dejando las indicaciones y recomendaciones de cómo implementar estas técnicas en una empresa similar.

Hernández y Vizán (2013) sobre *lean manufacturing* en conceptos técnicas e implementación. Proporciona conocimientos acerca del pensamiento esbelto asociado al trabajo, diciendo que los trabajadores donde define y modela la forma de mejorar por medio de los procesos de operaciones, a través de eliminar toda clase de desperdicios siendo toda aquella actividad o procesos que utiliza más recursos de lo necesario dado a que dentro de los desperdicios se encuentra la sobreproducción que genera demoras temporales y provoca transporte en exceso, inventario, movimientos innecesarios, errores por productos.

Lean manufacturing a través de un conjunto de técnicas y herramientas permite estudiar el valor de un producto e identificar lo que se debe borrar para incrementar la productividad. Y por consiguiente a determinar objetivos que permitan cuantificar el rumbo del estudio sistemático de las herramientas que sean requeridas en función de la operación que realice la industria que sea sometida a investigación.

Aportando acerca de la manera del modelo de producción basado en manufactura esbelta debe funcionar cuando está implementado, haciendo enfoque explicación de cómo esta técnica puede eliminar todo aquello representa un desperdicio o simplemente no incrementa el valor al servicio o producto y que incide directamente en la calidad final al cliente por medio de la implementación correcta de las mismas, permiten un cambio favorable.

Según Socconini (2008) sobre las 5's dice que cuando se necesita minimizar el ciclo temporal aprovechando al máximo el tiempo disponible para producir y reduciendo la temporización del recambio de los utensilios y herramientas. También resultan útiles cuando deseamos implementar nuevos

sistemas en la administración, debido a la dependencia que en gran medida de la calidad de los colaboradores que participan en ellos

Proporcionando información en específico de cómo una técnica concreta puede usarse para disminuir las demoras de fabricación de piezas y las ventajas que esto implica.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Ineficiencia en la producción de piezas metalmecánicas en compañía de procesos de manufactura, incidiendo en la descompensación de tiempos de producción, calidad de los productos y por ende produciendo insatisfacción en los clientes.

3.1. Descripción del problema

La organización se dedica a la fabricación de piezas de metal y derivados por medio del uso de máquinas herramientas como tornos, fresadoras, cepillos, entre otros, contando con personal de técnico y administrativos, con una única sede, se dedican a suplir pedidos de piezas que se necesitan diseñar y fabricar.

La línea de producción de la organización actualmente está produciendo retrasos significativos en la entrega de sus servicios, provocando errores de variación de calidad, el tiempo de espera para los clientes se ve muy afectado dado el descontrol que provoca la poca planificación para gestionar de mejor manera estos pedidos voluminosos. Por otra parte, se ve un desbalance de tiempos de fabricación entre factores como el tipo de máquina y el desfase que se produce entre distintos entes del personal técnico, dada la ausencia de lineamientos en la forma de reproducción de los procesos producen una calidad en el producto final fluctuante y por ende generan desperdicios innecesarios de material que a la vez dañan el ambiente de limpieza el cual es indispensable en las recomendaciones del correcto funcionamiento de la manufactura en una empresa.

El ecosistema de trabajo carece de organización lo cual provoca un tiempo indeseado en búsqueda de herramienta y preparación de la maquinaria previo al mecanizado, traduciéndose en baja productividad.

Este conjunto de características provoca la ineficiencia en la producción, por lo cual surge la necesidad de normalizar los procesos para garantizar una mejor eficacia en todo el sistema del desarrollo de la fabricación de los productos.

3.2. Formulación del problema

A continuación, en los siguientes incisos se describen las preguntas necesarias para esta investigación.

3.2.1. Pregunta central

¿De qué manera se puede incrementar la productividad en el área de mecanizado de piezas de una compañía de procesos de manufactura?

3.2.2. Preguntas de investigación

- ¿Cuáles son las condiciones del rendimiento del área de fabricación de piezas?
- ¿Cómo aumentar el rendimiento en la producción de piezas usando las herramientas de manufactura esbelta?

- ¿Cómo se deben estructurar los lineamientos del proceso de fabricación de piezas para el aprovechamiento de los beneficios de la aplicación de las herramientas de manufactura esbelta?

3.3. Delimitación de estudio

En los siguientes incisos se describen las limitantes para el desarrollo de esta investigación.

3.3.1. Límite temporal

El estudio se desarrolla durante los meses comprendidos entre los cursos de Seminario I y Seminario III, de junio de 2021 a noviembre 2022.

3.3.2. Límite geográfico

El estudio se desarrollará en la República de Guatemala.

3.3.3. Límite espacial

La investigación se llevará a cabo en el área de manufactura de una organización de fabricación de piezas metalmecánicas.

3.3.4. Límite institucional

La investigación se desarrolla en una compañía dedicada al mecanizado de distintas piezas de índole metalmecánico.

3.4. Viabilidad de la investigación

Se propone analizar una solución para el problema identificado en el área de mecanizado de piezas desde un contexto administrativo por medio de una propuesta de un sistema de producción con base a las herramientas de manufactura esbelta, considerando los siguientes recursos para la investigación:

- El historial de datos en los procesos de mecanizado que conciernen a la investigación.
- El tiempo en las instalaciones que sea necesario.

Considerando que se cuenta con la autorización para el acceso libre a la información y la recopilación de datos necesarios para analizar el problema, además se considera el tiempo y disponibilidad del investigador para llevar a cabo la investigación en cuestión.

3.5. Consecuencias de realizar la investigación

El desarrollo de la investigación presenta ventajas y desventajas acerca de realizar o no el estudio.

3.5.1. De realizarse

De ser realizada la investigación se espera un incremento en la productividad de la manufactura de piezas dado a que al mejorar el sistema de producción del mecanizado de los productos impactan en la eficiencia de las entregas a los clientes y a la calidad de las piezas.

3.5.2. De no realizarse

Se espera que continúe la ineficiencia en la productividad, dado a que la recepción de los pedidos presenta atrasos significativos y la calidad de los productos metalmecánicos presentan variaciones significativas.

4. JUSTIFICACIÓN

El estudio se encuentra dentro de la línea de investigación de optimización de operaciones y procesos en el área de operaciones de la Maestría en Gestión Industrial de la Universidad de San Carlos de Guatemala, dado a que se centra en el diseño de investigación hacia una propuesta de un sistema de producción para analizar el área de manufactura de piezas metalmecánicas por medio de las herramientas que proporciona la manufactura esbelta.

La necesidad de realizar la investigación es corregir el bajo nivel de rendimiento en la fabricación de piezas metalmecánicas que dado a la poca planeación con respecto a la capacidad técnica del personal y las diferencias entre cada máquina produce una variación con respecto a la calidad deseada o esperada y por ende alterando la entrada y salida del proceso, además de provocar retrasos de entrega para el cliente final y por consecuente produciendo insatisfacción en los mismos.

Las ejecuciones en el área de manufactura presentan una importancia primordial para una organización dedicada a la fabricación de piezas de índole metalmecánica como lo es el maquinado de poleas, la fabricación de engranajes, y la elaboración de ejes que soliciten los interesados.

El área de manufactura cuenta con la disposición de tornos y fresadoras las cuales son operadas por personal técnico los cuales operan de manera distinta produciendo desfases en tiempos de fabricación y no siguen lineamientos normalizados para obtener mejores resultados en su producción de piezas, además carecen de coordinación para la toma de decisiones cuando

es necesario trabajar piezas distintas, dado a que las máquinas presentan capacidad de producción distintas, lo cual provoca retrasos significativos para la entrega final con el cliente.

La motivación de esta investigación es diseñar un sistema de producción enfocado a la manufactura de la organización para subsidiar las variaciones de calidad de las piezas terminadas y disminuir los desfases temporales en la producción para aumentar la eficiencia en general del sistema aplicando herramientas dentro de la gama de la manufactura esbelta como lo son 5's, justo a tiempo, *Jidoka*, *kanbam*, para crear un ecosistema de mejoras aprovechables y aplicables por la organización.

Con respecto a los beneficios generados por la investigación se busca presentar un conjunto lineamientos que incrementen la eficiencia en la línea de producción de la organización por medio de elevar la productividad en general a través de la gama de herramientas en estudio para generar alternativas más eficientes en los lineamientos de la manufactura de los productos que se deseen.

Por ende, el beneficiario se traslada directamente al cliente dado a la búsqueda de reducir los tiempos de retraso o de desfase, además de elevar el control de calidad dado al estudio de parámetros para normalizar los procedimientos y evitar los productos distintos.

La planeación es un enfoque importante que debe ser tratado para abordar los lineamientos necesarios en la ejecución de la manufactura desde el punto de análisis más eficiente y que por esta es que se debe considerar necesario el análisis de la misma.

5. OBJETIVOS

5.1. General

Diseñar un modelo de producción del área de mecanizado de piezas de una compañía de procesos de manufactura.

5.2. Específicos

- Realizar una valoración del rendimiento del área de fabricación de piezas metalmecánicas.
- Aplicar las herramientas de manufactura esbelta para aumentar el rendimiento en la producción de piezas.
- Diseñar los lineamientos del proceso de fabricación de piezas para el aprovechamiento de los beneficios de la aplicación de las herramientas de manufactura esbelta.

6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN

La principal necesidad identificada en el aspecto laboral de la compañía en la perspectiva del investigador es el diseño de un modelo que incremente la productividad del sistema de producción de piezas metalmecánicas en el área de manufactura de una empresa dedicada al mecanizado de productos metalmecánicos, por medio del diseño de la aplicación de herramientas de manufactura que permita la linealización hacia la mejora continua de los procesos.

La solución se analiza por medio de un esquema que está conformado por: realizar un diagnóstico en el inicio de la investigación en el área de mecanizado de piezas metalmecánicas. Se debe considerar la observación del proceso que se busca mejorar por medio de la obtención de los materiales metálicos a procesar y el almacenamiento de estos, el procedimiento en mecanizar cada producto e identificar las fluctuaciones de la salida del proceso en las distintas máquinas herramientas asignadas a cada pieza; se debe contar con entrevistas y encuestas para los colaboradores de este sector, la documentación correspondiente, recopilación de datos y contrastarlos con información teórica que brinde la dirección para comprender y respaldar el desarrollo de la investigación.

6.1. Etapas de la investigación

La investigación se desarrollará en 4 fases, las cuales se explican continuación.

6.1.1. Fase 1: Revisión documental

En la primera semana se establece la realización de visitas de campo a la zona de manufactura de la única sede de la compañía, seguidamente en las próximas tres semanas se realizan entrevistas y consultas para la completa comprensión del proceso que conlleva el mecanizado de materiales para la fabricación de un producto metalmecánico.

Se considera la consulta del historial operativo del área de manufactura en los procesos de mecanizado y el contraste con la teoría con la que se pueda complementar desde la bibliografía correspondiente y la asesoría de la investigación en un plazo de un mes.

6.1.2. Fase 2: Diagnóstico

Se dispone de realizar observaciones del proceso en la disponibilidad de los materiales en bodega durante una semana, seguidamente el investigador debe recopilar los datos del proceso de mecanizado de una manera participativa para la mejor comprensión del proceso durante tres semanas.

6.1.3. Fase 3: Definición del modelo

Se considera un plazo de cinco semanas para analizar los datos de las fases anteriores y poder linealizar y diseñar un modelo para la producción que pueda satisfacer las necesidades planteadas.

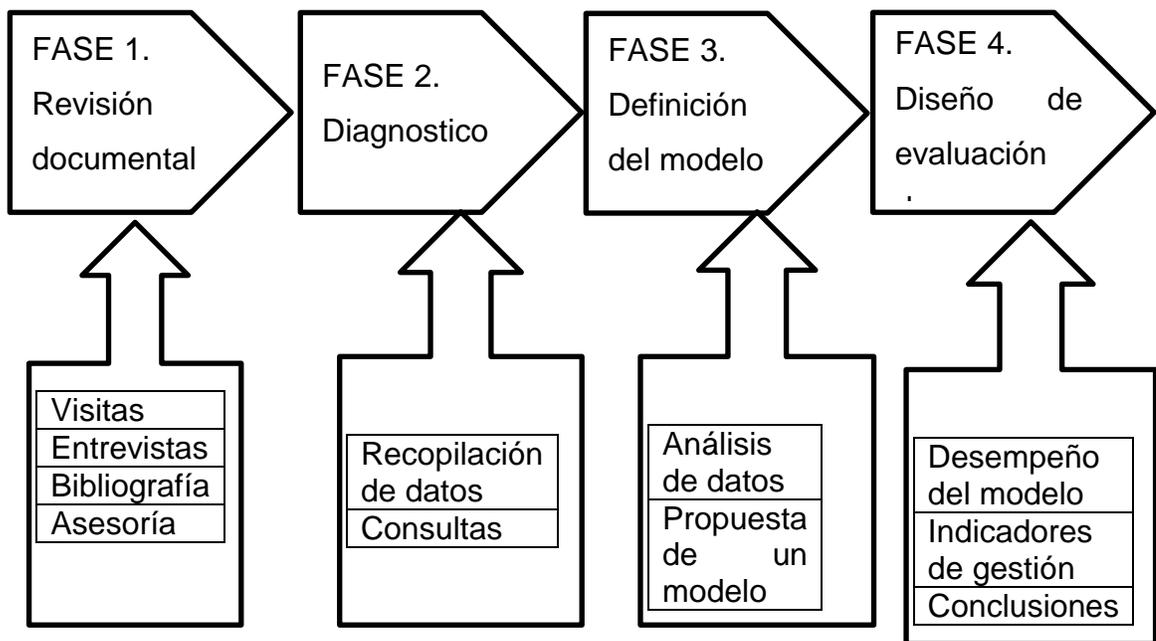
6.1.4. Fase 4: Diseño de evaluación de rendimiento

Se debe realizar un análisis en el diseño de evaluación del modelo propuesto por medio de indicadores de gestión para monitorizar los beneficios propuestos, en un plazo de tres semanas.

6.2. Esquema de solución

En la figura 1 se describe el esquema de solución de este diseño de investigación.

Figura 1. Fases de la Investigación



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word.

7. MARCO TEÓRICO

7.1. Procesos metalmecánicos

En los siguientes incisos se describen los procesos metalmecánicos, necesarios en la investigación.

7.1.1. Definición de máquinas herramientas

Schvap (2011), sostiene que el concepto de una máquina herramienta tiene que ver con la utilización de estas, resaltando que deben de ser alimentadas por una fuente de energía distinta al movimiento humano, sin embargo, también pueden ser accionadas por una persona si no hay otra opción.

Schvap (2011), afirmaba que “en la gran mayoría de casos, las máquinas herramientas aportaron la variante operacional del trabajo de mecanizado, ya que el trabajo de dar forma siempre fue hecho por una herramienta de corte” (p. 8). Aludiendo luego a la actualidad en que las máquinas herramientas en su mayoría son usadas en un enfoque metalmecánico en donde inciden las máquinas herramientas como lo son un torno y una fresadora convencionales.

7.1.2. Proceso de mecanizado

Schvap (2011) realiza la mención para el mecanizado de un material de la siguiente manera:

Se puede definir como mecanizado, al proceso de transformación que se produce en una pieza, es decir teniendo una forma inicial que es mecanizada hacia una nueva forma con otras dimensiones, por medio de una herramienta para cortar metal o un molde. Siendo un proceso que se divide en dos clases, la del mecanizado con arranque de viruta y sin arranque de viruta, ambos requieren de máquinas herramientas para los fines convenientes. (Schvap, 2011, p. 13)

De manera continuista Schvap (2011), dice que “los procesos utilizados con más frecuencia son: torneado, tronzado, perforado, taladrado, mandrinado, cepillado, escariado, aserrado, fresado, rectificado, alisado, todo enfocado a materiales que tienen el contexto de ser un trabajo metalmecánico” (p. 13). Definiendo los procesos metalmecánicos que existen en la industria y a los que se les da los usos que se deseen.

Martínez, (2008), denota acerca de las máquinas herramientas utilizadas para mecanizar por arranque de viruta, que presentan las características de generar diferentes tipos de superficies por medio de combinar los movimientos de las máquinas y sus características diferentes. Estos movimientos se definen como principales de corte, que adicionalmente suelen tener movimientos auxiliares, conocidos como avance. Se puede nombrar a un torno, con el cual se puede obtener una superficie cilíndrica, mediante la combinación del giro de la pieza con el avance de la máquina que tiene la herramienta para el mecanizado en el movimiento que realiza el avance para el arranque de la viruta.

En Guatemala las empresas de mecanizado metalmecánico, en buena parte son de carácter de medianas empresas, en las cuales se tiene una fuerte demanda en la reparación de piezas. Por otro lado, en las industrias más

desarrolladas del país el énfasis del mecanizado lo tiene la fabricación de un producto nuevo que va ser utilizado para un fin en un proceso.

7.1.3. Generalidades de productos metalmecánicos

Hernández, Pérez, Zambrano, Guerrero, y Dumitrescu (2012), en su estudio experimental del mecanizado en torno a altas velocidades, menciona que el comportamiento del mercado en cuestión de componentes mecánicos, precisa de requerimientos como lo son la gran exactitud, alta calidad, y el menor tiempo de entrega posible, teniendo en cuenta que cada vez se elevan estos requerimientos. Lo que ha generado el desarrollo de nuevas tecnologías emergentes que son aplicadas a las tareas de mecanizado de metales y derivados que son la esencia integral de las máquinas, herramientas y como estas hacen posible darle la forma requerida a un material.

Los tipos de productos que son demandados en la industria guatemalteca tienen que ver con las necesidades del cliente, en lo que cabe resaltar una frecuencia recurrente para los procesos de piezas que necesitan soldadura para aumentar de diámetro y ser mecanizadas posteriormente en un torno.

Los productos que tienen como objeto ser piezas nuevas que inciden en una máquina o proceso, se realizan por medio de un diseño previo, el cual un operario conlleva hacia el arranque de viruta de un material para satisfacer al cliente.

7.2. Sistemas de producción

En los incisos que se describen a continuación se detallan los sistemas de producción.

7.2.1. ¿Qué es un sistema de producción?

Vargas, Muratalla, y Jiménez (2016), menciona en su artículo acerca de *lean manufacturing* como herramienta que:

Estos sistemas son definidos como un grupo de partes que se relacionan porque tienen un fin en común, comparten una meta u objetivo por cumplir; cada una de estas partes puede ser tomada como un subsistema u organismo. Por tales razones los mencionados sistemas, se consideran como el grupo de componentes que interactúan entre sí en el diseño de un sistema en el que se obtiene la transformación de elementos en productos útiles. Un sistema de producción requiere de un enfoque de operaciones para satisfacer insumos, que son solicitados específicamente como materias primas y similares. (p. 161)

Carro y González (2015), sostiene que “el concepto de un sistema de producción se aplica no sólo a una organización completa, sino también al trabajo de cada departamento. Cada departamento tiene procesos de trabajo y clientes, refiriéndose a internos o externos” (p. 40).

El sistema que incide en una empresa de índole metalmecánica, describe un proceso en el que un material como el acero o similar, entra en el área de producción y es mecanizado por medio de arranque de viruta para satisfacer al cliente con un producto.

7.2.2. Función de un sistema de producción

Carro y González (2015), con respecto a un sistemas y operaciones menciona que:

Toda organización tiene una función operaciones en la que los insumos se vuelven en productos por medio de los procesos. Con respecto a los insumos estos son referentes a recursos humanos, haciendo referencia los trabajadores y gerentes, recursos de capital como puede ser las instalaciones y el equipo necesario. También los materiales y servicios comprados son recursos y por supuesto los productos son bienes y servicios. (p. 43)

7.2.3. Objetivo de un sistema de producción

Carro y González (2015), hace mención que “el objetivo de producción es la elaboración de un bien o servicio en unas condiciones óptimas, es decir esto da un propósito a la actividad empresarial” (p. 43).

El objetivo de una compañía metalmecánica debe ser el de elaborar los productos requeridos en las máquinas herramientas, como puede ser un engranaje o una polea de carácter metalmecánico que sea para suplir la necesidad de un cliente.

7.2.4. Capacidad de manufactura

Macavilca (2019), acerca de las mejoras en un sistema de producción para la industria metalmecánica, señala que toda empresa de carácter manufacturero debe desarrollar y planificar todo lo necesario en sus procesos para garantizar una capacidad limitada e incrementar el valor a la materia prima, transformando está en un producto comercial.

Para lograr este objetivo debe centrarse en productos específicos que consigan ser diferenciales a los de la competencia. Se puede sintetizar que la

capacidad total de manufactura se traduce como los límites físicos y técnicos de una planta industrial.

Aludiendo a la capacidad para manufacturar productos hechos de aceros, tal que la mencionada capacidad está delimitada por la cantidad física de almacenamiento y el número de máquinas herramientas de arranque de viruta, además de tomar en cuenta a los operarios.

7.2.5. Productividad

Giudice y Pereyra (2005), en su estudio de productividad y trabajo enfocado a los sistemas de producción dice que la productividad de una empresa se fundamenta generalmente desde un enfoque cuantitativo tal que los insumos y los productos deben ser correlativos, de modo que se puede hablar de implementar mejoras que optimicen aspectos de los recursos involucrados en un proceso productivo, donde la finalidad siempre es incrementar la productividad traducido en capacidad y en estandarización de los servicios o productos que brinda una empresa y que además siempre tiene que considerar la minimización de costos.

7.2.6. Medición de la productividad

Colmenares (2007), refiriéndose a la cuantificación de la productividad empresarial, define que la medición de la misma, enfocada a los insumos hace referencia a la productividad parcial, la cual se dice es como la disparidad que provoca la cantidad de producto generado, que tiene origen en un cambio del nivel de consumo en un solo insumo del sistema de producción.

Colmenares (2007), también denota que existen ventajas al medir la productividad de una empresa, tal que los insumos de producción se deben cuantificar a modo de medición para determinar la participación de cada factor o insumo de producción en el incremento del nivel de productividad, los cuales se pueden deber a la automatización de un proceso, capacitación de personal, o algún factor similar.

7.2.7. Eficiencia y productividad

Colmenares (2007) hace la definición matizando la cuantificación de la productividad empresarial que:

Existen varios tipos de eficiencia que influyen en la productividad y están ligados a las siguientes tres decisiones de producción: primero se debe elegir el nivel producción que maximice el beneficio, de todos los niveles de producción posibles o eficiencia de escala; segundo se debe elegir la combinación de insumos que minimice el costo de producción, entre todas las combinaciones de insumos que permitan obtener la producción de la decisión descrita anteriormente o eficiencia asignativa; y tercero la empresa debe producir el bien o servicio elegido con la cantidad mínima de insumos posible o, lo que es lo mismo, optimizar el uso de los recursos o eficiencia técnica. (p. 13)

Por tanto, en una compañía de índole de procesos metalmecánicos la productividad está ligada a elegir el nivel de producción que maximice la eficiencia, produciendo la cantidad máxima de piezas, pero utilizando los materiales mínimos posibles.

7.3. Manufactura esbelta

A continuación, se describen en los siguientes incisos la manufactura esbelta.

7.3.1. Generalidades de la manufactura esbelta

Padilla (2010) en su artículo sobre *Manufactura esbelta y ágil*, Menciona que:

El término *lean* del inglés, quiere decir magra, entiéndase, sin grasa. En el idioma español se mantiene su definición es decir manufactura que es magra, por lo que se suele decir: Manufactura esbelta o ágil. Los cuales son un conjunto de técnicas desarrolladas por japoneses que sirven para optimizar y mejorar los procesos de cualquier industria, ya sean operativos o personal e independiente de las dimensiones de la industria. (p. 33)

Padilla (2010), hace la denotación del sentido de la manufactura esbelta, definiendo que su objetivo es disminuir el desperdicio, dado a que son un conjunto de técnicas, mencionando que incluye el justo a tiempo, pero que se comercializó con otro concepto, el de minimizar inventarios, bajar los niveles desperdicios que pueden ser inventarios, almacenamiento innecesario, productos dañados, transporte y personal que no agrega valor.

7.3.2. Los siete tipos de desperdicios

Carvallo (2014), en su propuesta de aplicación de conceptos de manufactura a una línea de producción se refiere a que para los japoneses que dan origen a la filosofía esbelta, donde la palabra muda significa desechos, lo

que se puede decir es alguna actividad que consume recursos de una empresa pero que no agrega valor a la misma.

Carvalho (2014), sobre los siete tipos de desperdicios identifica que son siete fuentes de desperdicios como parte de los fundamentos japoneses del pensamiento esbelto, los cuales son: los defectos en el producto, sobreproducción de los productos que se necesitan, inventario ósea productos que pasan mucho tiempo en almacenamiento, sobre procesamiento que agrega valor al trabajo, y transporte en el movimiento excesivo de los productos.

7.3.3. El balance del tiempo de operaciones

Pedraza (2010), acerca del mejoramiento productivo del tiempo aplicando manufactura esbelta, menciona que:

Para establecer el lapso temporal en ciclos totales por operación se debe aclarar que el tiempo es la variable más importante para realizar un estudio en cada operación o proceso, esto debido a que existen procesos en donde el tiempo de ciclo del operario absorbe el de la máquina o viceversa, o por el contrario estos tiempos se cuantifican por medio de una sumatoria dado a que son complementarios entre sí. (p. 52)

Pedraza, (2010), hace mención a los tiempos que agregan valor a un proceso, diciendo que son aquellos tiempos de ciclo que son necesarios para transformar materia prima en un producto; por otro lado, los tiempos que no generan valor a un proceso son aquellos que retrasan el proceso y que generan retrasos en las entregas por medio de un conjunto de días de inventario lo que implica gastar tiempo en el transporte, esperas, entre otros.

7.3.4. Herramientas de la manufactura esbelta

A continuación, se describen las herramientas de la manufactura esbelta.

7.3.4.1. Las 5's

Gonzalez (2007), en su artículo de Manufactura Esbelta (*Lean Manufacturing*). Lo define como:

El concepto de las 5's debe resultar en algo conocido para una empresa, pero que tristemente no lo es, o bien se ha tratado de implementarlo, pero ha resultado en un intento fallido, esta herramienta envuelve un concepto que se encuentra infravalorado. Esta herramienta es una concepción ligada a la orientación hacia la calidad total que se originó en Japón bajo la visión de *Deming* hace más de cuarenta años y que involucra conceptos en el cual se tiene el mejoramiento constante o continuo. (p. 9)

Gonzalez (2007), dice que el concepto de 5's tiene su esencia en crear áreas de trabajo y el mantenimiento de las mismas, las cuales deben tener mejores condiciones, ósea más limpias y organizadas, tratándose de agregar mayor calidad de vida al trabajo por medio de mejorar el trabajo para las personas. Además, menciona que los orígenes de esta herramienta se encuentran en Japón, donde de manera cotidiana se ponen en práctica en la vida cotidiana, resaltando que son características de la cultura no propias únicamente de esa región sino de la naturaleza humana en la cual todos tendemos a practicar con las buenas prácticas cotidianas sin darnos cuenta.

Gonzalez (2007), fundamenta las 5's desde su origen japones, definiendo el significado de la herramienta de tal forma que: *Seiri* significa separar, *Seiton*

significa ordenar e identificar, *Seiso* denota limpieza, *Seiketsu* significa estandarizar, *Shitsuke* quiere decir sistematizar o disciplinar.

Siendo una herramienta aplicable a cualquier industria en la que se quiera mejorar su productividad, desde una perspectiva de una empresa que se dedica al mecanizado de productos, es muy importante cada apartado de esta herramienta de manufactura esbelta, dado a que la limpieza y el orden ayudan a identificar las herramientas de corte y similares, lo que se traduce como ahorro de desperdicios en el tiempo de producción.

7.3.4.2. Kanban

Según Carvallo (2014):

La palabra japonés *Kanban* significa tarjeta, y es el principal elemento de un sistema que controla de manera autónoma el flujo de materiales en la cadena de valor. Las tarjetas mencionadas deben proporcionar los más importantes datos para identificar el producto o la sección del mismo, además de la proporción de las unidades que se están almacenando, y usar estas para realizar pedidos y la papelería correspondiente. (p. 12)

Carvallo (2014), centraliza las ideas acerca del sistema *Kanban* tal que los operadores solo puedan producir cuando reciban una tarjeta *Kanban* que signifique la autorización para hacerlo y como consecuencia se consume una unidad que se encontraba en *stock*. El funcionamiento de esta herramienta está plenamente relacionado con el concepto del principio de dejar que el cliente jale debido a que es el cliente quien pide la realización de un producto.

Carvallo (2014), de manera continuista hace la aclaración de que existen diversos tipos de tarjetas de esta herramienta, cumpliendo con una función dentro del sistema, en las que se encuentran: Primero la *Kanban de retiro*, que autoriza al personal de acarreo de materiales a retirar algo y trasladarlo, segundo se encuentra *Kanban* en producción, la cual indica cuántas unidades debe producir de un artículo. Y tercero se tiene *Kanban* de señalización, la cual indica cuando el punto de reorden ha sido alcanzado y debe producirse un nuevo lote.

7.3.4.3. Justo a tiempo

Yacuzzi, Fajntich, Romeo y Pia (2013), En su artículo sobre aplicaciones del *just in time* en Argentina, define que:

Esta técnica se puede definir como un pensamiento orientado a la demanda. La ventaja competitiva que adquiere la empresa a través de la implementación del JIT es que le permite mejorar de forma continuada su capacidad para responder económica y eficientemente al cambio de la demanda. Esto se refleja en las palabras de Taiichi Ohno: El principal objetivo del sistema de producción de Toyota era fabricar muchos modelos de automóviles en pequeños volúmenes. (p. 5)

Yacuzzi *et. al.* (2013), denota que el sistema de producción japonés ejemplo de una manufactura esbelta tiene que integrar y alcanzar los diferentes objetivos de control, calidad, mejora continua y recursos humanos. Al mismo tiempo persigue su objetivo fundamental de reducir costos. Es decir que todo trabajador tiene la oportunidad de hacer sugerencias y de promover mejoras desde una perspectiva de grupo pequeño denominado círculo de control de estandarización y calidad.

7.3.4.4. Jidoka

Dinas, Franco, y Rivera (2009), hacen referencia a la aplicación de técnicas del pensamiento sistemático para desarrollar el aprendizaje de técnicas *lean*:

Es evitar errores o desperdicios en el proceso, por medio de rediseñar los equipos, los productos y las operaciones. Se busca la minimización de los errores, ya sean humanos o de una máquina. Por tanto, se debe aplicar una inspección para asegurar los resultados correctos en la calidad de las operaciones. También se aplica en la automatización orientada a que los operarios humanos realicen tareas de mayor complejidad y con más valor para la empresa. (p. 23)

7.3.5. Beneficios de la aplicación de la manufactura esbelta

Tapia, Escobedo, Barrón, Martínez, y Estebané, (2017), aclaran que muchos autores relacionados al tema hacen la observación que la aplicación de herramientas o técnicas esbeltas deben considerarse en función del tipo de industria individualmente, para seleccionar la de mayor conveniencia y así obtener resultados en un periodo de corto como de largo plazo.

Tapia *et. al.* (2017), dicen que hay que tener presente que por medio de la tecnología y sus avances actuales en diferentes ramas de la producción las industrias deben ser flexibles al cambio y adaptarse a la demanda de los clientes, pero sin descuidar la calidad, poniendo énfasis en los sistemas esbeltos para que el cliente encuentre la satisfacción que es requerida en el mercado.

8. PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

OBJETIVOS

HIPÓTESIS

RESUMEN DEL MARCO TEÓRICO

INTRODUCCIÓN

1. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

1.1. Procesos de manufactura

1.1.1. Definición de máquinas herramientas

1.1.2. Proceso de mecanizado

1.1.3. Demanda de productos metalmecánicos

1.2. Sistema de producción

1.2.1. ¿Qué es un sistema de producción?

1.2.2. Función de un sistema de producción

1.2.3. Objetivos de un sistema de producción

1.2.4. Capacidad de manufactura

1.2.5. Productividad

1.2.6. Medición de la productividad

1.2.7. Eficiencia y productividad

- 1.3. Manufactura esbelta
 - 1.3.1. Generalidades de la manufactura esbelta
 - 1.3.2. Los siete desperdicios
 - 1.3.3. El balance en el tiempo de operaciones
 - 1.3.4. Herramientas de la manufactura esbelta
 - 1.3.4.1 Las 5's
 - 1.3.4.2 *Kanban*
 - 1.3.4.3 Justo a tiempo
 - 1.3.4.4 *Jidoka*
 - 1.3.5. Beneficios de la aplicación de la manufactura esbelta

2. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

3. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS

ANEXOS

9. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

El estudio de investigación presente en este documento tiene un enfoque mixto, con un alcance descriptivo y diseño no experimental, con una ocurrencia prospectiva y retrospectiva. Donde la recolección de datos es de tipo longitudinal.

9.1. Diseño

El diseño de esta investigación es no experimental por medio de registrar la información pertinente durante el desarrollo del trabajo de investigación, para realizar un análisis retrospectivo de las variables medibles en el proceso de mecanizado y los tiempos que correspondan al proceso.

9.2. Enfoque

El enfoque en cuestión es mixto debido a que se considera cualitativo dado a la revisión documental necesaria para analizar el problema que se busca resolver. Por otro lado, se puede decir que es un enfoque cuantitativo debido a la naturaleza del control del proceso en cual se tienen variables medibles y evaluaciones de desempeño.

9.3. Tipo

El tipo de estudio es descriptivo debido a que se cuenta con el acceso a la información requerida para la investigación. Además, es transversal dado a que

se cuenta con un periodo de tiempo delimitado entre 2021 y 2022 para la investigación.

9.4. Alcance

El alcance de la investigación es descriptivo, debido a que dispone de describir el comportamiento de la producción, detallar el nivel óptimo en la disponibilidad de materiales; la estructuración de los estándares de mecanizado de piezas en su correspondiente proceso de fabricación para satisfacer el tiempo esperado de entrega al cliente.

9.5. Variables e Indicadores

Las variables que inciden en la investigación son conceptuales y operacionales, por lo cual se pueden analizar estadísticamente y matemáticamente dichas variables, además son del tipo cuantitativo dado a que se pueden encontrar valores intermedios en sus estimaciones.

Se consideran tres variables conceptuales y operacionales

- Diagnóstico de la producción de piezas metalmecánicas.

Esta variable es del tipo cuantitativo continuo la cual pretende sentar las bases del entendimiento del proceso sometido en la investigación. Además, es una variable dependiente que se analiza por medio de los siguientes indicadores:

- Indicador de tiempo producción
- Indicador de productividad

- Diseño de la estrategia de utilización de manufactura esbelta en el sistema de producción.

Es una variable del tipo cuantitativo continuo que pretende analizar la propuesta de la investigación. Siendo una variable dependiente, que se asocia al indicador:

- Eficiencia del modelo esbelto
- Evaluación de desempeño en el sistema de producción con beneficios de la manufactura esbelta

Esta variable es de tipo cuantitativo continuo que incide en la fase final de la presente investigación, donde se evalúa la eficiencia de utilizar herramientas de manufactura esbelta para aumentar la productividad y se asocian los indicadores:

- Indicador de tiempo producción esbelto
- Indicador de productividad esbelto

Tabla I. **Variables e indicadores**

Nombre de la variable	Tipo de la variable	Indicador	Técnica de recolección
1. Realizar una valoración del rendimiento del área de fabricación de piezas metalmecánicas.	Conceptual y operacional, de tipo cuantitativo continuo e independiente.	Indicador de tiempo producción: $\frac{\text{Tiempo de fabricación por unidad}}{\text{Tiempo promedio del proceso}}$ Indicador de productividad: $\frac{\text{Cantidad de piezas producida}}{\text{Cantidad de piezas planificada}}$	- Observaciones - Datar los tiempos en el proceso de mecanizado. - Encuestas

Continuación de la tabla I.

2. Aplicar las herramientas de manufactura esbelta para aumentar el rendimiento en la producción de piezas.	Conceptual y operacional, de tipo cuantitativo continuo y dependiente.	Eficiencia del modelo esbelto $\frac{\text{tiempo de desperdicio}}{\text{tiempo promedio del proceso}}$	- Observaciones - Digitación en hoja de cálculo
3. Diseñar los lineamientos del proceso de fabricación de piezas para el aprovechamiento de los beneficios de la aplicación de las herramientas de manufactura esbelta.	Conceptual y operacional, de tipo cuantitativo continuo y dependiente.	Indicador de tiempo producción esbelto: $\frac{\text{tiempo inicial} - \text{tiempo esbelto}}{\text{tiempo promedio del proceso}}$ Indicador de productividad esbelto: $\frac{\text{Producción inicial} - \text{Producción esbelta}}{\text{Producción Planificada}}$	- Observaciones - Datar tiempos del modelo.

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

9.6. Fases de la investigación

La investigación cumple con un esquema conformado por cuatro fases para cumplir con los objetivos planteados:

- Fase 1: Revisión documental

En un lapso de seis semanas se tiene previsto realizar visitas de campo a la empresa en cuestión, para observar el proceso de mecanizado de piezas

metalmecánicas y recolectar lo que interese, además de realizar las consultas y entrevistas necesarias a los colaboradores del área.

- Las primeras dos semanas comprenden realizar visitas de campo al área de mecanizado para la comprensión del proceso y considerando las consultas necesarias a los colaboradores.
 - La semana tres, se tiene previsto realizar entrevistas en las áreas que conciernen al proceso, tomando en cuenta a los técnicos operarios en el mecanizado, al encargado de gestionar el inventario y las coordinaciones pertinentes.
 - Las últimas tres semanas corresponden a tabular los datos recolectados y consultar fuentes bibliográficas para complementar los conocimientos que sean requeridos.
- Fase 2: Diagnóstico

Se dispone cinco semanas para realizar el diagnóstico del sistema de producción en ejecución del mecanizado de los productos, mediante la determinación del tiempo que concierne al proceso, además de contar con las consultas necesarias a los colaboradores de la organización.

- Fase 3: Definición del modelo

Durante un período de cuatro semanas se diseñará la metodología para la aplicación de las herramientas de manufactura esbelta en el proceso para incrementar la productividad, tomando de referencia los datos recolectados y tabulados en las semanas anteriores.

- Fase 4: Diseño de evaluación de rendimiento

Se dispone de tres semanas para realizar una valoración del rendimiento del modelo propuesto para la operación del mecanizado de piezas metalmecánicas por medio del diseño de indicadores con los cuales se medirá el desempeño del modelo que describe este trabajo de investigación.

9.7. Población y muestra

La población total comprende 15 colaboradores que laboran en el área de producción de la compañía.

Aplicando el análisis de muestreo estadístico con un nivel de confianza del 95 % y con un error del 5 % se calcula el tamaño de la muestra:

$$n = \frac{N\sigma^2 Z^2}{(N-1)e^2 + \sigma^2 Z^2} \quad (\text{Ec. 1})$$

Donde:

n = Tamaño de la muestra

N = Tamaño de la población

σ = Desviación estándar de la población (0.5 por convención)

Z = Tipificación del nivel de confianza de la distribución normal, para este caso 1.96.

e = Error de la muestra (0.5 por convención)

Tomando las consideraciones anteriores para la investigación se obtiene un tamaño de muestra de 15 personas que corresponde al total de colaboradores dado a que la diferencia con la muestra es inexistente.

Tabla II. **Cálculo de muestra**

Variable	Valor
$N =$	15.00
$Z =$	1.96
$\sigma =$	0.50
$e =$	0.5
$n =$	14.47
$n =$	15

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Con respecto al análisis de la información resultante se utilizará estadística descriptiva, considerando la tabulación de los datos recopilados que describen el proceso de estudio.

Se dispone de llevar a cabo observación al proceso de mecanizado durante las visitas de campo, a modo de recolectar información, además se cuenta con consultorías a los colaboradores que inciden interés en el entendimiento del proceso.

Se considera utilizar entrevistas con los profesionales requeridos con el fin de conseguir información de interés para la investigación.

El registro de los datos consistirá en consultar los datos históricos disponibles que inciden en el proceso y que contribuyen con la investigación, y se pretende determinar estadísticamente los aspectos que corresponden al tiempo promedio de los procesos para realizar un análisis satisfactorio de la situación de mecanizado.

Los datos en su totalidad tomados por observaciones, entrevistas, consultas, se organizará de manera electrónica en hojas de cálculo para los usos que convengan y en hojas de escritura para describir la investigación.

12. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

12.1. Recursos

El desarrollo de la investigación se considera factible dado a que se cuenta con los recursos necesarios para ejecutar la misma, además se identifican los siguientes recursos:

12.1.1. Recursos humanos

Se dispone de personal humano necesario para llevar a cabo la investigación, entre los cuales se tiene en cuenta el personal de técnicos en el área de producción, el estudiante que desarrolla la investigación y el asesor correspondiente.

12.1.2. Recursos físicos

Se cuenta con la utilización de equipo computacional, con recursos de hojas de papel y similares. Además, se cuenta con la infraestructura dentro de la empresa para realizar la investigación.

La utilización de equipo de telefonía e internet, el transporte son parte de los recursos físicos que permiten la investigación.

12.1.3. Recursos financieros

A continuación, en la figura III se detalla el presupuesto a utilizar.

Tabla IV. **Presupuesto**

No.	Descripción	Recurso	Costo	Porcentaje
1	Tiempo de inversión del estudiante	Humano	Q8,000.00	48 %
2	Honorarios del asesor	Humano	Q2,500.00	15 %
3	Papelería y útiles	Material	Q2,400.00	14 %
4	Servicio de teléfono e internet	Material	Q2,400.00	14 %
5	Consumo de combustible	Material	Q1,000.00	6 %
6	Imprevistos	Varios	Q500.00	3 %
Total			Q16,800.00	100 %

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

13. REFERENCIAS

1. Ballesteros, P. (abril, 2008). Algunas reflexiones para aplicar la manufactura esbelta en empresas colombianas. *Scientia Et Technica*, 12(2), 223-228.
2. Carillo , M., Alvis, C., Mendoza, Y. y Cohen, H. (septiembre, 2019). Lean manufacturing: 5's y TPM, herramientas de mejora de la calidad. *Dialnet*, 11(1), 71-86.
3. Carro, R. y González, D. (2012). *El sistema de producción y operaciones*. (Tesis de licenciatura). Universidad Nacional de Mar del Plata, Argentina. Recuperado de <http://nulan.mdp.edu.ar/1606/>.
4. Carvallo, E. (abril, 2014). Propuesta de aplicación de conceptos de manufactura esbelta a una línea de producción de costura de una empresa de confecciones de tejido de punto para exportación. *Sinergia e Innovación*, 2(1), 30-50.
5. Colmenares, O. (2007). Medición de la productividad empresarial. [Mensaje de un blog]. Recuperado de <https://www.gestiopolis.com/medicion-de-la-productividad-empresarial/>.

6. Dinas, J., Franco, P. y Rivera, L. (2009). Aplicación de herramientas de pensamiento sistémico para el aprendizaje de Lean Manufacturing. *Portal de revistas*, 7(14), 109-144.
7. Giudice, C. (2 de junio, 2005). El sistema de producción productividad y estudio del trabajo. [Mensaje de un blog]. Recuperado de <http://www.frlp.utn.edu.ar/materias/oindustrial/apunte2.pdf>.
8. González, F. (2007). Manufactura esbelta (lean manufacturing): Principales herramientas. *Revista Raites*, 1(2), 85-111.
9. Hernández, J. y Vizán, A. (14 de mayo, 2013). *Lean manufacturing conceptos, técnicas e implantación*. [Mensaje de un blog]. Recuperado de <https://www.eoi.es/es/savia/publicaciones/20730/lean-manufacturing-concepto-tecnicas-e-implantacion>.
10. Hernández, L., Pérez, R., Zambrano, P., Guerrero, M. y Dumitrescu, L. (agosto, 2012). Análisis experimental del torneado de alta velocidad del acero AISI 1045. *Ingeniería Mecánica de la Universidad Tecnológica de la Habana José Antonio Echeverría*, 15(1), 10-22.
11. Macavilca, O. (2019). *Análisis, Diagnóstico y Propuestas de Mejora en el Sistema de Producción de una Empresa Metalmeccánica* (Tesis de maestría). Pontificia Universidad Católica de Perú, Perú. Recuperado de <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/14835>.

12. Martínez, D. (10 de enero, 2008). Procesos de arranque de viruta y no convencionales que se aplican en la industria metalmecánica. [Mensaje de un blog]. Recuperado de <https://www.inti.gob.ar/areas/servicios-industriales/mecanica-y-logistica/mecanica>
13. Padilla, L. (abril, 2010). Lean Manufacturing, Manufactura Esbelta/Ágil. *Ingeniería Primero*, 1(15), 64-69.
14. Pedraza, L. (junio, 2010). Mejoramiento productivo aplicando herramientas de manufactura esbelta. *Soluciones de Postgrado EIA*, 3(5), 175-190.
15. Schvab, L. (agosto, 2011). Máquinas y herramientas. *Instituto Nacional de Educación Tecnológica, Argentina*. 1(1), 12-30.
16. Socconini, L. (2008). *Lean Manufacturing paso a paso*. Cali, Colombia: Grupo Norma.
17. Tapia, J., Escobedo, T., Barrón, E., Martínez, G., y Estebané, V. (julio, 2017). Marco de Referencia de la Aplicación de Manufactura Esbelta en la Industria. *Ciencia y Trabajo*, 19(60), 171-178.
18. Terán, A., Sánchez, A. y Alvarez, M. (4 de septiembre, 2009). Estudio comparativo de la productividad en el sector metalmecánico. [Mensaje de un blog]. Recuperado de https://www.laccei.org/LACCEI2009-Venezuela/Papers/IE210_Teran.pdf.

19. Vargas, J., Muratalla, G., y Jimenez, M. (enero, 2016). Lean Manufacturing ¿Una herramienta de mejora de un sistema de producción? *Ingeniería Industrial. Actualidad y nuevas tendencias*, 5(17), 153-174.

20. Yacuzzi, E., Fajntich, C., y Romeo, M. (enero, 2013). Aplicaciones del just-in-time en la Argentina. *Universidad del CEMA*, 1(509), 1-46.

14. APÉNDICES

Apéndice 1. **Árbol del problema**



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. Matriz de coherencia

Tema	Titulo	Problema	Pregunta central	Preguntas secundarias	Objetivo guía	Objetivos específicos
Optimización de operaciones y procesos	Diseño de investigación de un sistema de producción por medio de la herramienta de manufactura esbelta para línea de producción de piezas metalmecánicas de una empresa de procesos de manufactura en la ciudad de Guatemala.	Ineficiencia en la producción de piezas metalmecánicas en compañía de procesos de manufactura.	¿de qué manera se puede incrementar la productividad en el área de mecanizado de piezas de una compañía de procesos de manufactura?	1. ¿cuáles son las condiciones del rendimiento en el área de fabricación de piezas?	Diseñar un modelo de producción del área de mecanizado de piezas de una compañía de procesos de manufactura	1. Realizar una valoración del rendimiento en el área de fabricación de piezas.
				2. ¿cómo aumentar el rendimiento en la producción de piezas usando las herramientas de manufactura esbelta?		2. Aplicar las herramientas de manufactura esbelta para aumentar el rendimiento en la producción de piezas.
				3. ¿cómo se deben estructurar los lineamientos del proceso de fabricación de piezas para el aprovechamiento de los beneficios de la aplicación de las herramientas de manufactura esbelta?		3. Diseñar los lineamientos del proceso de fabricación de piezas para el aprovechamiento de los beneficios de la aplicación de las herramientas de manufactura esbelta.

Fuente: elaboración propia.