

**UNIVERSIDAD RICARDO PALMA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**PROGRAMA DE TITULACIÓN POR TESIS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**



**PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE LEAN  
MANUFACTURING PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN  
LA FABRICACIÓN DE DISCOS DE ALUMINIO EN UNA  
EMPRESA LAMINADORA**

**TESIS**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO INDUSTRIAL**

**PRESENTADA POR:**

**Bach. GARCÍA MIÑANO, BRIAN STEWART**

**Bach. SANTOS MANCHA, WILLIAM DAVID**

**Asesor: Dr. VELÁSQUEZ COSTA, JOSÉ ANTONIO**

**LIMA – PERÚ**

**2020**

## **Dedicatoria**

Dedico este trabajo de investigación principalmente a mi familia, quienes fueron el soporte principal durante mi formación académica.

Brian Garcia

El siguiente trabajo de investigación está dedicado a mi familia quienes han sido fundamentales en mi crecimiento profesional y en el desarrollo de esta tesis.

William Santos

## **Agradecimiento**

Queremos expresar nuestros más sinceros agradecimientos a nuestras familias por el apoyo para la realización de esta investigación.

Del mismo modo, agradecemos a nuestros asesores por apoyarnos en el desarrollo de esta tesis.

Finalmente, agradecemos también a todos aquellos que nos han brindado de su apoyo incondicional.

Brian Garcia

William Santos

## ÍNDICE GENERAL

<b>RESUMEN</b> .....	xi
<b>ABSTRACT</b> .....	xiii
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	3
1.1. Descripción de la problemática.....	3
1.2. Formulación del problema principal y específicos .....	13
1.2.1. Problema Principal .....	13
1.2.2. Problemas Específicos.....	13
1.3. Objetivo Principal y Específicos.....	13
1.3.1. Objetivo Principal.....	13
1.3.2. Objetivos Específicos .....	13
1.4. Delimitación de la investigación.....	13
1.4.1. Espacial.....	13
1.4.2. Temporal.....	14
1.4.3. Conceptual.....	15
1.4.4. Temática .....	15
1.5. Justificación e importancia.....	16
1.5.1. Justificación Teórica.....	16
1.5.2. Justificación Práctica .....	16
1.5.3. Justificación Social.....	16
1.5.4. Importancia.....	16
1.6. Limitaciones .....	17
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO</b> .....	18
2.1 Antecedentes del estudio de investigación.....	18
2.2 Bases teóricas vinculadas a las variables .....	22
2.2.1 Proceso de laminación.....	22

2.2.2	Recocido.....	23
2.2.3	Lean Manufacturing .....	24
2.2.4	Despilfarros .....	26
2.2.5	Productividad .....	28
2.2.6	Poka Yoke .....	30
2.2.7	SMED.....	30
2.2.8	Estandarización .....	32
2.3	Definición de términos básicos .....	33
2.3.1	Insumos .....	33
2.3.2	Kanban .....	33
2.3.3	Laminación.....	33
2.3.4	Procesado de discado .....	34
2.3.5	Productividad .....	34
2.3.6	Takt Time .....	34
2.3.7	Tiempo de ciclo.....	34
<b>CAPÍTULO III: Sistema de Hipótesis .....</b>		<b>35</b>
3.1	Hipótesis.....	35
3.1.1	Hipótesis Principal .....	35
3.1.2	Hipótesis Secundarias .....	35
3.2	Variables .....	36
3.2.1	Definición Conceptual .....	36
3.2.1.1	Matriz de Conceptualización de Variables Independientes .....	36
3.2.1.2	Matriz de Conceptualización de Variables Dependientes.....	38
3.2.2	Operacionalización.....	40
3.2.2.1	Matriz de Operacionalización de Variables Independientes .....	40
3.2.2.2	Matriz de Operacionalización de Variables Dependientes .....	41
<b>CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN.....</b>		<b>42</b>

4.1	Tipo y Nivel o Alcance de la investigación .....	42
4.2	Diseño de investigación .....	42
4.3	Enfoque .....	43
4.4	Población y Muestra.....	44
4.5	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	44
4.5.1	Tipos de técnicas e instrumentos.....	44
4.5.2	Criterios de validez y confiabilidad de los instrumentos .....	46
4.5.3	Procedimientos para recolectar datos.....	47
4.5.4	Técnicas para el procesamiento y análisis de datos .....	48
<b>CAPÍTULO V: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....</b>		<b>49</b>
5.1	Presentación de los resultados.....	49
5.1.1	Descripción de la realidad.....	49
5.1.2	Análisis de la realidad .....	57
5.1.2.1	Análisis interno de los procesos de la empresa.....	57
5.1.2.2	Análisis de los problemas específicos.....	57
5.1.3	Propuestas de mejora.....	65
5.1.3.1	Aplicación del Poka Yoke.....	65
5.1.3.2	Aplicación de la Estandarización .....	66
5.1.3.3	Aplicación del SMED para el proceso el Discado .....	68
5.2	Análisis de resultados para la contrastación de la hipótesis.....	72
5.2.1	Resultados de la aplicación del Poka Yoke.....	72
5.2.1.1	Prueba de Hipótesis 1 – Proceso de Laminado .....	77
5.2.2	Resultados de la aplicación de la Estandarización .....	80
5.2.2.1	Prueba de Hipótesis 1 – Proceso de Recocido .....	82
5.2.3	Resultados de la aplicación del SMED .....	84
5.2.3.1	Prueba de Hipótesis 1 – Proceso de Discado .....	86
<b>CONCLUSIONES .....</b>		<b>90</b>

<b>RECOMENDACIONES</b> .....	91
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	92
<b>ANEXOS</b> .....	93
Anexo 01 .....	93
Anexo 02 .....	95
Anexo 03 .....	96
Anexo 04 .....	98
Anexo 05 .....	99
Anexo 06 .....	100
Anexo 07 .....	101
Anexo 08 .....	102
Anexo 09 .....	103
Anexo 10 .....	104

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 / Vista lateral y superior del Proceso de laminado .....	3
Figura 2 / Producción en el periodo Enero – Julio del 2018.....	5
Figura 3 / Ganancias (periodo Enero – Julio 2018).....	6
Figura 4 / Ingresos vs Salidas (periodo Enero – Julio 2018).....	7
Figura 5 / Principales gastos en insumos (Periodo Enero – Julio 2018).....	8
Figura 6 / Diagrama de Pareto de gastos promedio (Periodo Enero – Julio 2018.....	9
Figura 7 / Diagrama de Ishikawa Uso de la Empresa Laminadora .....	10
Figura 8 / Esquemas de los 5 por qué .....	12
Figura 9 / Ubicación de la Empresa Laminadora .....	14
Figura 10 / Esquemas de diversos procesos de laminación plana .....	22
Figura 11 / Adaptación Conceptualizada de la Casa Toyota .....	26
Figura 12 / Organigrama de la empresa.....	50
Figura 13 / Lay-Out de la empresa .....	51
Figura 14 / Disco de aluminio terminado .....	51
Figura 15 / Diagrama de Flujo del Proceso Productivo.....	52
Figura 16 / Materia Prima (Placa de aluminio).....	53
Figura 17 / Proceso de laminado de las placas de aluminio .....	54
Figura 18 / Aceite y Refrigerante .....	54
Figura 19 / Carro para horno cargado.....	55
Figura 20 / Defecto del recocido.....	56
Figura 21 / Máquina discadora .....	57
Figura 22 / Proceso de Discado .....	57
Figura 23 / Prueba de Normalidad del Uso de Aceite (Antes) .....	59
Figura 24 / Prueba de Normalidad del Uso de Refrigerante (Antes).....	60
Figura 25 / Prueba de Normalidad del Uso del horno .....	62
Figura 26 / Prueba de Normalidad del tiempo de Discado .....	64
Figura 27 / Programa de uso de insumos .....	66
Figura 28 / Piloto para nuevo proceso de Recocido .....	68
Figura 29 / DAP Antes de la prueba Piloto .....	71
Figura 30 / DAP Después de la prueba Piloto .....	72
Figura 31 / Prueba de Normalidad del Uso de Aceite (Después) .....	74
Figura 32 / Prueba de Normalidad del Uso de Refrigerante (Después).....	75
Figura 33 / Comparación en las medias del Antes y Después (Uso de Aceite).....	77

Figura 34 / Comparación en las medias del Antes y Después (Uso de Refrigerante) ...	78
Figura 35 / Prueba de Hipótesis 1 (Uso de aceite).....	78
Figura 36 / Prueba de Hipótesis 1 (Uso de refrigerante) .....	79
Figura 37 / Prueba de Normalidad del Uso del horno (Después) .....	81
Figura 38 / Comparación en las medias del Antes y Después (Uso del Horno .....	83
Figura 39 / Prueba de Hipótesis 1 (Uso del Horno).....	83
Figura 40 / Prueba de Normalidad del Proceso de discado (Después) .....	85
Figura 41 / Comparación en las medias del Antes y Después (Proceso de discado).....	87
Figura 42 / Prueba de Hipótesis 1 (Proceso de discado).....	88

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 / Producción en el periodo Enero – Julio del 2018.....	5
Tabla 2 / Ingresos, salidas y diferencia en el periodo Enero – Julio 2018.....	6
Tabla 3 / Uso de insumos (Periodo Enero – Julio 2018) .....	7
Tabla 4 / Resumen del Promedio de gastos (Periodo Enero – Julio 2018.....	8
Tabla 5 / Descripción de los procesos térmicos para endurecimiento .....	24
Tabla 6 / Lista de técnicas asimiladas a acciones de mejora de sistemas productivos ...	25
Tabla 7 / Matriz de Conceptualización de Variables Independientes.....	36
Tabla 8 / Matriz de Conceptualización de Variables Dependientes .....	38
Tabla 9 / Matriz de Operacionalización de Variables Independientes .....	40
Tabla 10 / Matriz de Operacionalización de Variables Dependientes .....	41
Tabla 11 / Toma de datos del consumo de insumos .....	58
Tabla 12 / Toma de datos del Uso del Horno .....	61
Tabla 13 / Toma de datos de Tiempo de Discado.....	63
Tabla 14 / Determinación del tiempo de ciclo (actual).....	67
Tabla 15 / Toma de datos del consumo de insumos (después).....	73
Tabla 16 / Comparación en el uso de insumos .....	76
Tabla 17 / Toma de datos del uso del horno (después).....	80
Tabla 18 / Comparación en el uso del horno .....	81
Tabla 19 / Toma de datos del proceso de discado (después).....	84
Tabla 20 / Comparación en el proceso de discado.....	86
Tabla 21 / Resumen de resultados .....	89

## RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue mejorar la productividad de una empresa laminadora en el proceso de fabricación de discos de aluminio, mediante una prueba piloto y utilizando las herramientas de la metodología Lean Manufacturing: Poka Yoke, SMED y Estandarización. El tipo de investigación fue aplicada de nivel explicativo, con un diseño cuasi experimental y un enfoque cuantitativo.

Para analizar los problemas se utilizó información del área de producción en el periodo de enero a julio del 2018, tales como órdenes de trabajo, pedidos, etc. Utilizando las herramientas como diagrama de Pareto, Diagrama de causa – efecto, Ishikawa y Análisis de los 5 por qué; se identificaron diferentes problemas, como el consumo ineficiente de los recursos, falta control en la ejecución de los procesos y sobretiempos en sus tres principales procesos: Laminado, Recocido y Discado.

Previo análisis y coordinación con el gerente de producción y jefe planta, se elaboró el plan piloto para los procesos previamente mencionados. Este plan piloto se desarrolló de la siguiente manera: Para el proceso de laminado se utilizó la herramienta Poka Yoke, mediante el uso de un dispositivo que permitió dosificar el uso de los insumos utilizados en el proceso, tales como el aceite y refrigerante, además se propuso un esquema para control y monitoreo del reabastecimiento de estos insumos. Para el proceso de recocido, se utilizó la herramienta Estandarización, con la intención de organizar las etapas de este proceso, en primer lugar, se calculó el tiempo de ciclo para el uso del horno, se desarrolló e implementó una ficha de control de ingreso y salida de material en el proceso de recocido, también se estableció una distribución adecuada dentro del horno de recocido según las dimensiones de las planchas, por último para diferenciar los diferentes pedidos distribuidos en los carros de recocido que ingresaron al horno, estos se señalaron cada uno utilizando una plancha pequeña de aluminio indicando el número de pedido, acorde a la mencionada ficha de control. Para finalizar el plan piloto, se utilizó la herramienta SMED en el proceso de discado, para lo cual se identificaron todas las actividades internas y externas del proceso mediante el análisis del DAP, para tratar de reducir la mayor cantidad de actividades que no generan valor dentro del proceso de discado, se logró establecer un DAP mejorado con una menor cantidad de actividades que no generan valor al proceso.

Los resultados de la prueba piloto fueron los siguientes: Mediante el uso del dispositivo Poka Yoke se redujo el uso de insumos en el proceso de laminado en promedio un 25%, con la estandarización en el proceso de Discado se redujo el uso del horno de recocido en un 5.73%, finalmente con el uso de la herramienta SMED se redujo el tiempo de ciclo del proceso de discado en un 16%.

Por lo cual se concluyó que aplicando la metodología Lean Manufacturing en los diferentes procesos del área de fabricación se logró mejorar su productividad, en este caso en un 9.40 %.

**Palabras Clave:** Lean Manufacturing, Productividad, Estandarización, Poka Yoke, SMED

## **ABSTRACT**

The objective of this research was to improve the productivity of a laminating company in the aluminum disc manufacturing process, through a pilot test and using the tools of the Lean Manufacturing methodology: Poka Yoke, SMED and Standardization. The type of research was applied at an explanatory level, with a quasi-experimental design and a quantitative approach.

To analyze the problems, information from the production area was used in the period from January to July 2018, such as work orders, orders, etc. Using tools such as Pareto chart, Cause - effect chart, Ishikawa, and 5 why analysis; Different problems were identified, such as inefficient consumption of resources, lack of control in the execution of the processes and overtimes in its three main processes: Rolling, Annealing and Dialing.

After analysis and coordination with the production manager and plant manager, the pilot plan for the previously mentioned processes was developed. This pilot plan was developed as follows: The Poka Yoke tool was used for the rolling process, through the use of a device that allowed the use of the inputs used in the process to be dosed, such as oil and coolant, in addition A scheme was proposed to control and monitor the replenishment of these inputs. For the annealing process, the Standardization tool was used, with the intention of organizing the stages of this process, firstly, the cycle time for the use of the furnace was calculated, an entry control card was developed and implemented and material output in the annealing process, an adequate distribution was also established within the annealing furnace according to the dimensions of the plates, finally to differentiate the different orders distributed in the annealing carts that entered the furnace, these were marked each using a small aluminum plate indicating the order number, according to the aforementioned control sheet. To finalize the pilot plan, the SMED tool was used in the dialing process, for which all internal and external activities of the process were identified through the analysis of the DAP, to try to reduce the largest number of activities that do not generate value within of the dialing process, it was possible to establish an improved DAP with fewer activities that do not generate value to the process.

The results of the pilot test were as follows: By using the Poka Yoke device, the use of inputs in the rolling process was reduced by an average of 25%, with the standardization in the dialing process, the use of the annealing furnace was reduced by 5.73%, finally, with the use of the SMED tool, the cycle time of the dialing process was reduced by 16%.

Therefore, it was concluded that by applying the Lean Manufacturing methodology in the different processes of the manufacturing area, it was possible to improve their productivity, in this case by 9.40%. **Keywords:** Lean Manufacturing, Productivity, Standardization, Poka Yoke, SMED

**Keywords:** Lean Manufacturing, Productivity, Standardization, Poka Yoke, SMED

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo planteó la pregunta, ¿Cómo mejorar la Productividad de una empresa Laminadora mediante la propuesta de implementación de Lean Manufacturing en el proceso fabricación discos de aluminio?

Para responder a esta pregunta se realizó una prueba piloto en el área de fabricación, utilizando herramientas de la metodología Lean Manufacturing, para fines del caso la investigación fue de tipo Aplicada, asimismo se tuvo un enfoque de tipo cuantitativo, ya que recolectaron datos históricos de la empresa y de la misma prueba piloto, el estudio se llevó de forma sistemática y organizada. Por último, el nivel de la investigación fue de tipo Explicativo, ya que se pretendió buscar la relación que tienen las variables, así como también identificar la situación real de la organización.

Los resultados obtenidos dentro de la prueba piloto nos mostraron la importancia de la aplicación de la metodología Lean Manufacturing en el área de fabricación, ya que se logró apreciar una mejora en la productividad de los diferentes procesos, como laminado, recocido y discado.

El desarrollo secuencial de la tesis se llevó a cabo en 5 capítulos, los cuales fueron:

Capítulo I, en este capítulo iniciamos con la descripción de la problemática, para esto analizamos datos brindados por la empresa, mediante el uso de herramientas de análisis se logró identificar y plantear el problema general y los problemas específicos, posteriormente se desarrolló la justificación e importancia referente a nuestra investigación.

Capítulo II, se describen y citan algunos antecedentes al problema de la investigación, así como también se detallan las bases teóricas y definiciones de términos básicos.

Capítulo III, con el fin de dar una solución a los problemas encontrados, se formulan la hipótesis principal y las hipótesis secundarias, así como también la definición conceptual y operacionalización de variables.

Capítulo IV, este capítulo define la metodología de la investigación, aquí se detalla la población y muestra, instrumentos de recolección de datos y análisis de la investigación.

Capítulo V, este capítulo inicia con la descripción de la situación actual de los procesos en el área de producción, previo a la ejecución del plan piloto, posteriormente se desarrolla el plan piloto en los tres procesos: Laminado, recocido y discado. Se tomaron datos del antes y después de la ejecución del plan piloto, para analizar los resultados y poder validar las hipótesis planteadas anteriormente.

Finalmente presentamos nuestras conclusiones y recomendaciones de la investigación, asimismo, presentamos los anexos y las referencias bibliográficas.

## CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1. Descripción de la problemática

Esta investigación se enfoca en el área de producción de la empresa laminadora, dentro de esta se aprecian tres procesos claves: Laminación, recocido y discado.

El proceso de producción inicia cuando se recibe las placas de aluminio que traen los clientes, al mismo tiempo dejando sus especificaciones para las medidas de las planchas y/o discos (espesor, largo y ancho o radio), en una orden.

A continuación, estas placas de aluminio pasarán por el proceso de laminación, en este proceso se busca dar el espesor indicado por el cliente en sus especificaciones con ayuda de una laminadora de dos rodillos. Se observa que esta operación es llevada a cabo por un trabajador con años de experiencia, quien ha sido formado de forma empírica por la propia empresa, cuenta con el apoyo de un trabajador adicional quien es el que retorna la placa de aluminio al primer trabajador, para volver a pasar la placa por la laminadora, este proceso lo realizan hasta obtener el espesor especificado por el cliente. Para mayor detalle verificar la siguiente figura:

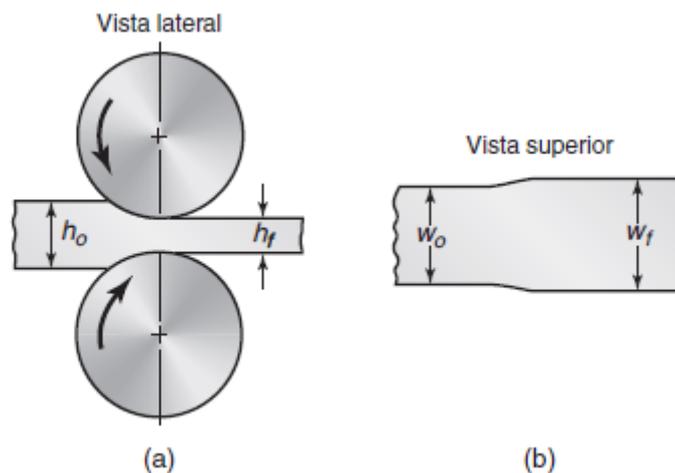


Figura 1  
Vista lateral y superior del Proceso de laminado  
Fuente: Kalpakjian (2008)

Terminado este proceso, comienza lo que es el proceso de recocido de las placas de aluminio. Durante este proceso un operario acomoda las placas laminadas del proceso

anterior en una estructura, la cual irá dentro de un horno eléctrico, con el fin de que las placas reciban un tratamiento térmico para que sean más resistentes y maleables, y obtengan así las características indicadas por el cliente.

Durante este proceso, se puede observar que no siempre dicho horno eléctrico es llenado en su totalidad, la capacidad de este horno se mide en los kilogramos de placas de aluminio que ingresan en este, al no ser constante los nuevos pedidos la cantidad de placas de aluminio que ingresan al horno tampoco lo son, es decir, en un periodo de tiempo pueden salir más o menos placas de aluminio terminadas, se aprecia que el costo de consumo eléctrico no presenta variación significativa entre lotes grandes o chicos de producción.

Por último, en la línea de producción se tiene el proceso de discado, este proceso depende según los requerimientos indicados por los clientes, generalmente cuando es requerido en este proceso se utiliza las planchas salidas del recocido, estas planchas pasarán por una máquina discadora (de corte circular), dándoles el diámetro especificado por el cliente. Se observa que durante la ejecución de este proceso no se cuenta con un procedimiento de trabajo, normalmente los trabajadores con mayor tiempo y experiencia hacen el trabajo, pero no manejan un método uniforme de trabajo, dicho de otro modo, cada quien hace lo mejor según la parezca, generando así demoras en lo que es la entrega final de los discos de aluminio.

Explicados los diferentes procesos en la línea de producción de discos de aluminio, se observan diferentes oportunidades de mejora, las cuales impactan en la mejora de la productividad de la empresa, por ejemplo, el uso adecuado de los recursos, el mejor aprovechamiento de la maquinaria, la estandarización de los diferentes trabajos, etc.

A continuación, para un mejor entendimiento de la problemática se mostrarán datos obtenidos del historial de la empresa durante el periodo de enero a julio del 2018, en este periodo se cuenta con datos más precisos y confiables, ya que en adelante se presentó un caso fortuito que afectó directamente a la producción de la empresa, haciendo que sus datos sean muy inestables, asimismo los datos del presente año (2020) tampoco los consideramos para la presentación del problema debido a la pandemia y estado de

emergencia declaro en el país. Empezando con el histórico de producción en el periodo indicado:

Tabla 1

Producción en el periodo Enero – Julio del 2018

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Promedio
Producción (TN)	30.72	32.15	16.15	26.20	34.01	27.62	30.42	28.18

Elaboración: Propia

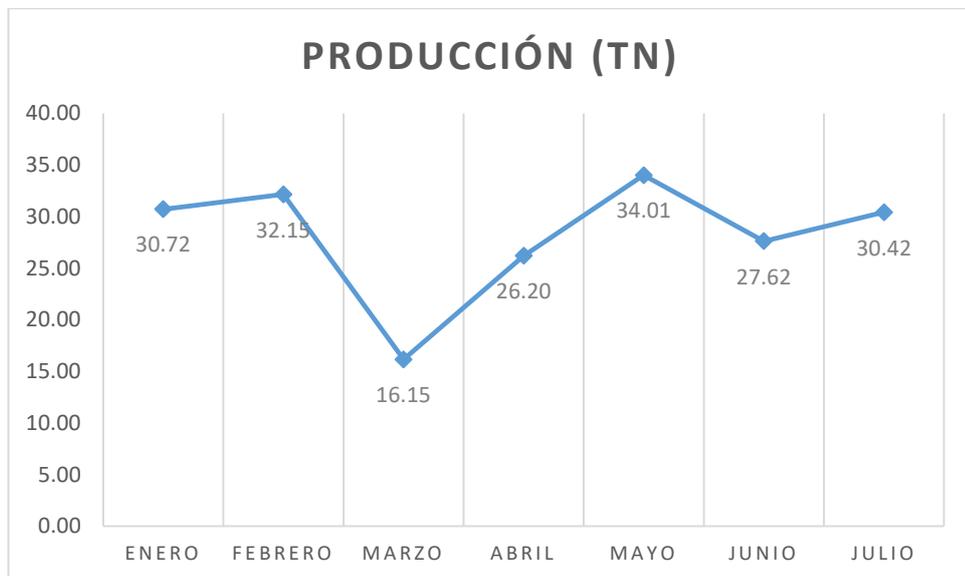


Figura 2

Producción en el periodo Enero – Julio del 2018

Elaboración: Propia

De la tabla 1 y la figura 2, se evidencia la tendencia variante de la producción de discos de aluminio, con una media de 28 TN aproximadamente, teniendo un pico alto con 34 TN en el mes de mayo, por otro lado, en el mes de marzo tuvo el menor de sus picos con 16 TN de producción.

Mediante la interpretación de la figura 2, ya tenemos una idea de que la producción de discos de aluminio en la empresa no siempre es constante.

Tabla 2

Ingresos, salidas y diferencia en el periodo Enero – Julio 2018

	Periodo 2018						
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio
Ingresos (S/ )	36861.02	38578.37	19378.00	31436.00	40815.00	33141.00	36498.00
Salidas (S/ )	26875.00	19512.00	18836.00	22369.90	27017.00	23434.00	27511.00
Diferencia (S/ )	9986.02	19066.37	542.00	9066.10	13798.00	9707.00	8987.00

Elaboración: Propia

En la tabla 2, se muestran los ingresos, las salidas y su diferencia en el periodo anteriormente mencionado de enero a julio del 2018, los ingresos están netamente relacionados con los datos de producción de la anterior figura, en contraposición tenemos también que los valores de las salidas en cada uno de los meses tampoco son constantes, esto impacta directamente en las ganancias las cuales no se mantendrán constantes a lo largo del periodo analizado, tal como se muestra en las siguientes figuras:

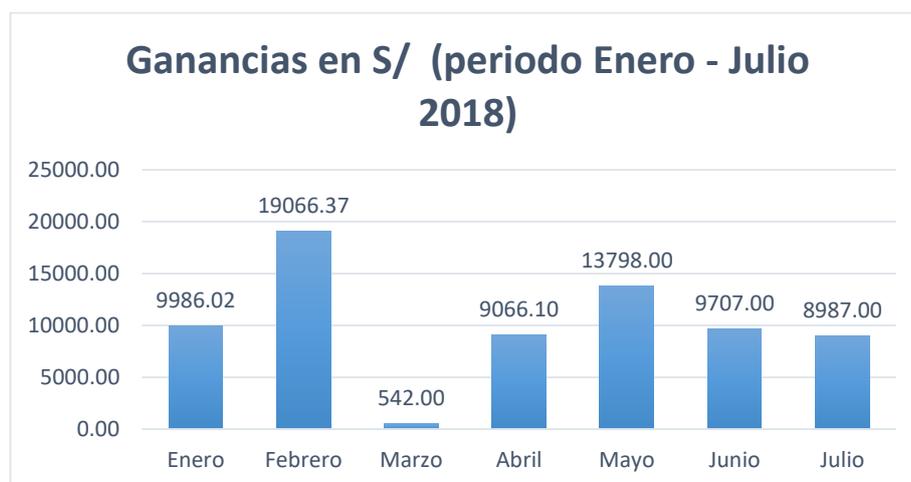


Figura 3  
Ganancias (periodo Enero – Julio 2018)  
Elaboración: Propia

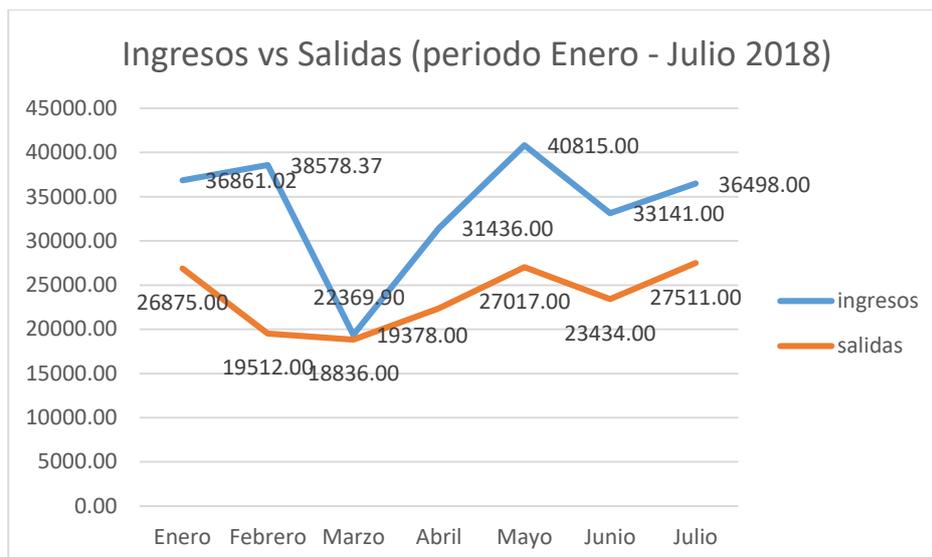


Figura 4  
Ingresos vs Salidas (periodo Enero – Julio 2018)  
Elaboración: Propia

En la figura 4 se puede observar de forma gráfica el comportamiento tanto de los ingresos como de las salidas, de modo que se tiene una mejor visión de la brecha entre ambos valores durante el periodo establecido, siendo el mes de marzo del 2018, el mes donde la brecha entre ambos fue la menor.

Tabla 3  
Uso de insumos (Periodo Enero – Julio 2018)

INSUMOS	Periodo 2018							Promedio
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	
Kerosene (S/ )	780.00	780.00	975.00	780.00	1170.00	780.00	585.00	835.71
Aceites (S/ )	1800.00	1200.00	600.00	900.00	900.00	600.00	1050.00	1007.14
Guantes(S/ )	480.00	378.00	360.00	360.00	480.00	360.00	360.00	396.86
Energía eléctrica (S/ )	15254.24	16101.69	14406.78	16101.69	15254.24	15254.24	15677.97	15435.84
TOTAL	18314.24	18459.69	16341.78	18141.69	17804.24	16994.24	17672.97	17675.55

Elaboración: Propia

Desglosando del concepto de salidas en la tabla 2, se muestra en esta tabla 3 los montos en soles de los principales insumos utilizados para la producción de discos de aluminio en el periodo indicado.

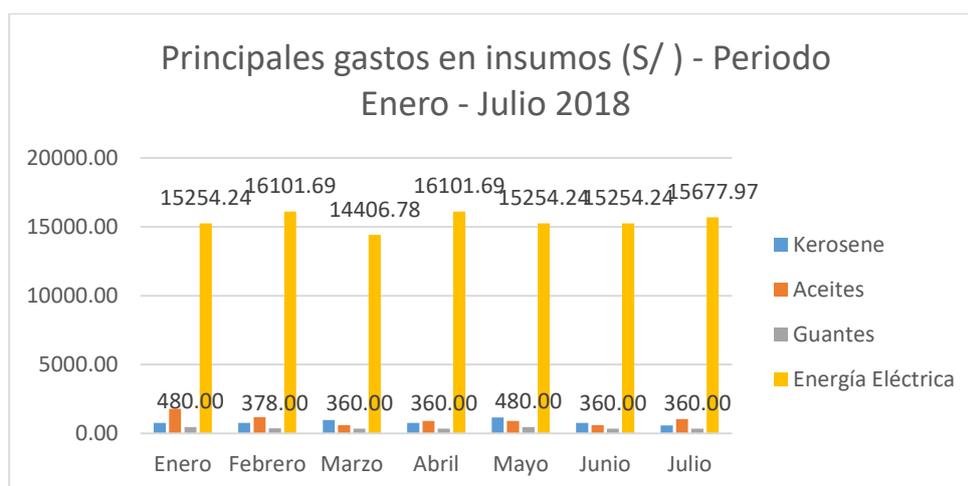


Figura 5  
Principales gastos en insumos (Periodo Enero – Julio 2018)  
Elaboración: Propia

Gráficamente en la figura 5 se observa que la mayor incidencia de los gastos se da en el consumo de energía eléctrica.

Tabla 4  
Resumen del Promedio de gastos (Periodo Enero – Julio 2018)

INSUMOS	Promedio S/	%	Acumulado	% Acumulado
Energía eléctrica	15435.84	87.33%	15435.84	87.33%
Aceites	1007.14	5.70%	16442.98	93.03%
Kerosene	835.71	4.73%	17278.69	97.75%
Guantes	396.86	2.25%	17675.55	100.00%

Elaboración: Propia

En la tabla 4, se han esquematizado los datos anteriores relacionados con las salidas, en primer lugar, se promediaron los datos para obtener una media de cada uno de los ítems y así obtener el porcentaje de incidencias de estos

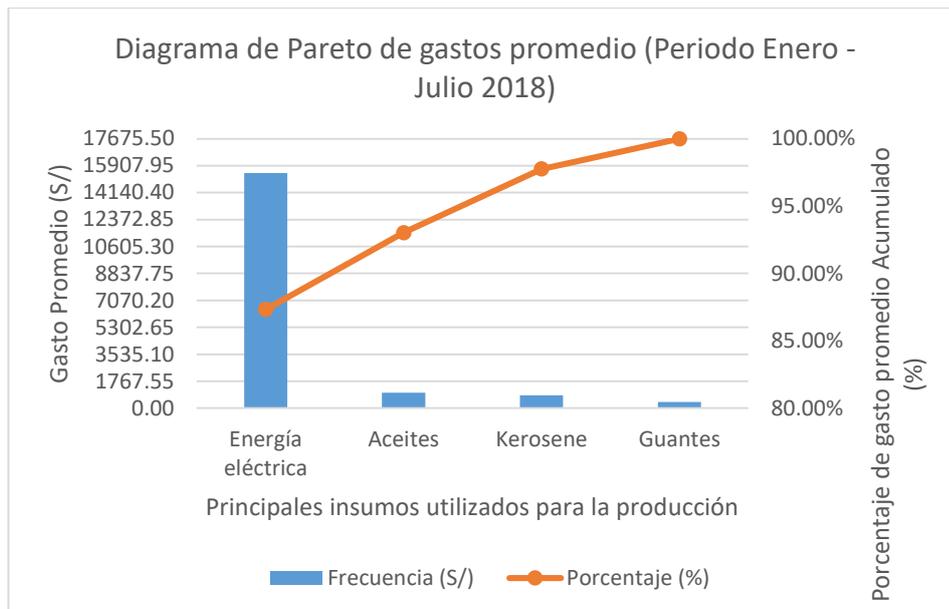


Figura 6  
 Diagrama de Pareto de gastos promedio (Periodo Enero – Julio 2018)  
 Elaboración: Propia

Del diagrama de Pareto de la figura 6, se observa que el gasto que corresponde al consumo de energía eléctrica representa más del 80% de los principales gastos, mientras que los demás tan sólo representan menos del 20% de gastos, por lo que se tiene una oportunidad de mejora importante en lo referente al consumo de energía eléctrica.

A modo de resumen, los datos obtenidos más importantes son los siguientes:

- Durante el periodo Enero a Julio del 2018 se obtuvo una producción promedio de 28.18 TN de discos de aluminio.
- Durante el periodo de enero a Julio del 2018 los ingresos percibidos fueron en promedio S/ 33815.34.
- Durante el periodo de enero a Julio del 2018 los costos promedios fueron de S/ 23650.17.
- En lo que se trata al consumo de insumos, es la energía eléctrica es la que representa el mayor porcentaje incidencias, con un 87.33%, de modo que podemos clasificarlo como un gasto de tipo A.

- En el periodo analizado se pudo observar que tanto la producción, los ingresos y los costos son variables. Con los datos anteriormente mostrados en las diferentes tablas y figuras, se evidencia la presencia de los síntomas tales como producción poco estable, costos variables y el uso poco controlado de los diferentes insumos.

Debido a esto y para determinar las causas de estos síntomas se realizaron las diferentes técnicas de análisis de los problemas, siendo la primera de estas el Diagrama de Ishikawa mostrado en la siguiente figura:

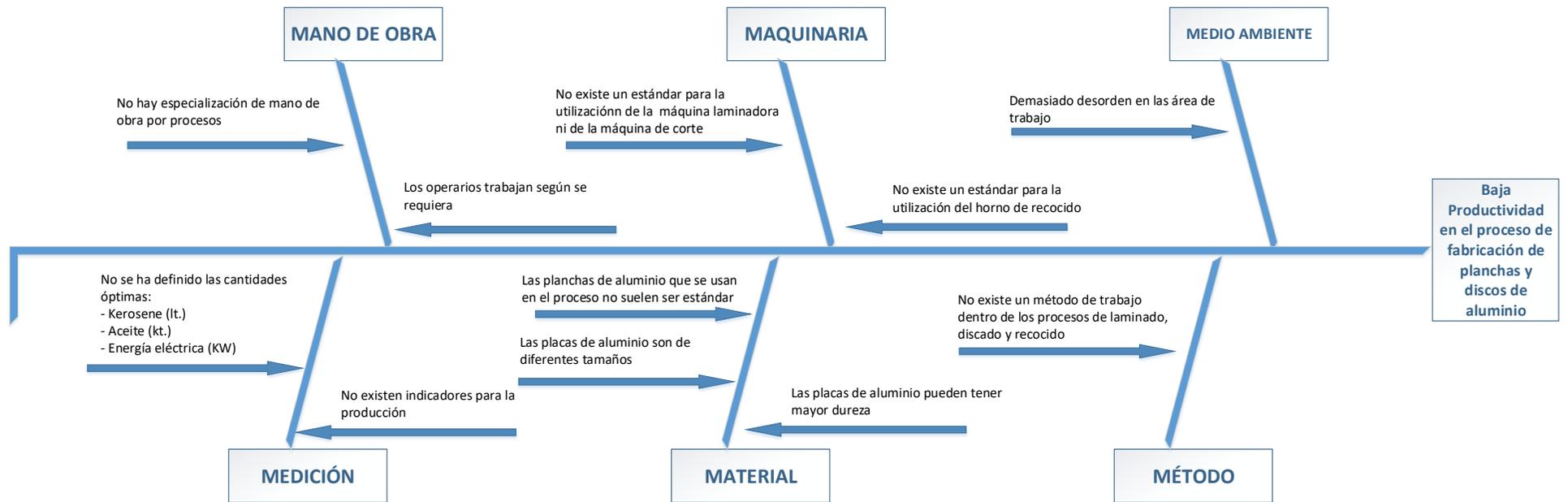


Figura 7  
Diagrama de Ishikawa Uso de la Empresa Laminadora  
Elaboración: Propia

En el diagrama de Ishikawa mostrada se analizaron las 6M's del proceso de fabricación de discos de aluminio, y en cada una de estas se encontró lo siguiente:

- Mano de obra: No hay especialización de mano de obra por proceso, ya que la mano de obra trabaja según se requiera, en otras palabras, los operarios no tienen funciones 100% definidas y pueden trabajar dentro del proceso que sea necesario.
- Maquinaria: No existe un estándar para la utilización de las diferentes máquinas como, por ejemplo: El horno, la laminadora y la discadora. Estas máquinas son claves dentro de cada uno de sus procesos, ya que sin ellas no se puede obtener los productos con los requerimientos del cliente, sin embargo, se observa que dichas máquinas no cuentan con un procedimiento de uso, ya que estas son en su mayoría manipuladas por el personal con mayor tiempo y experiencias dentro de la empresa, siguiendo a la vez con las indicaciones de su superior.
- Medio Ambiente: Se observa que en el área de producción existe mucho desorden en el espacio de trabajo de los diferentes procesos, generando así movimientos, traslados y trabajos innecesarios, a su vez esto genera tiempos muertos ya que se debe de arreglar los puestos, buscar las herramientas, etc.
- Medición: En este aspecto se observa que el uso de diferentes insumos para cada una de las etapas del proceso, no está regulado, ya que se utilizan según la experiencia y criterio del personal con mayor tiempo y experiencia en la empresa. Asimismo, no existen indicadores que alerten sobre el uso de estos insumos.
- Material: La materia prima principal para alimentar los procesos son las placas de aluminio, estas en su mayoría son entregadas por los propios clientes, el problema con esto, es que las características de estas placas no siempre son estándar, por ejemplo, pueden variar en su peso, tamaño, dureza, etc. Esto genera que el trabajo de los operarios sea variable según el tipo de material provisto por el cliente, por ende, los productos finales, tiempos utilizados, los insumos utilizados, etc. no siempre serán los mismos
- Método: Este punto, según todo lo anteriormente señalado, aparece de forma reiterativa dentro de los demás, esto se debe principalmente a que la empresa como tal no tiene totalmente definido sus procesos y procedimientos. Por ende, no existe un método de trabajo que garantice resultados estándar.

Después del análisis de causa y efecto realizado con el diagrama de Ishikawa, se determina que, al no existir métodos de trabajo definidos en las diferentes etapas del proceso, existe una baja productividad en el área de fabricación de discos de aluminio.

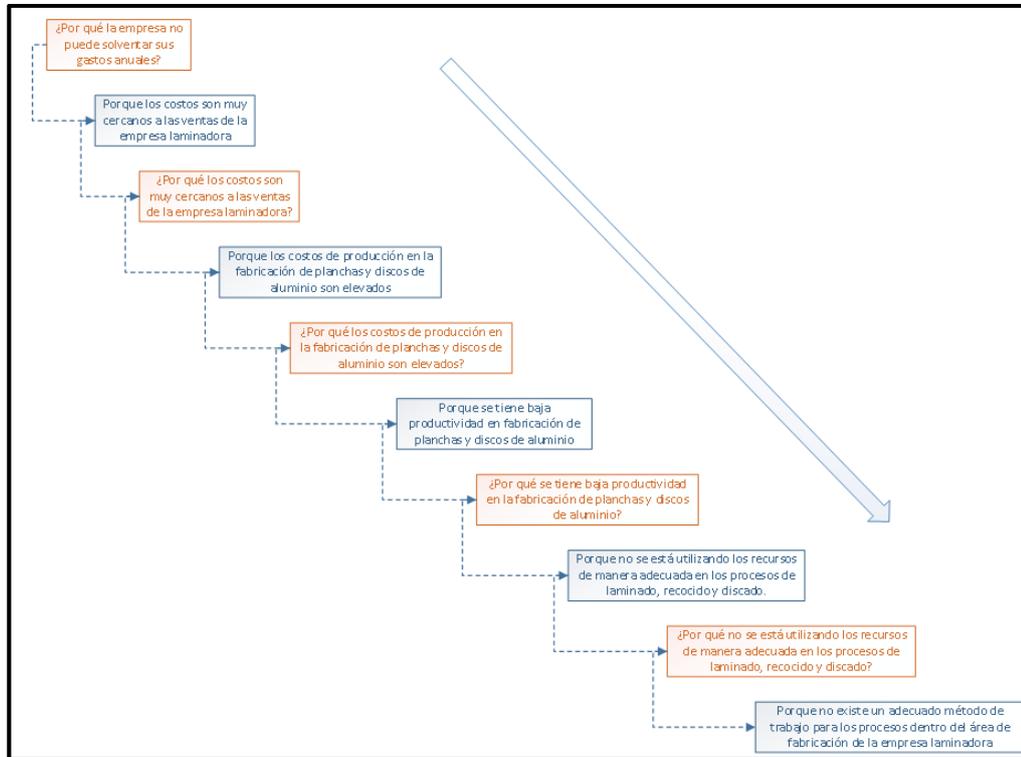


Figura 8  
Esquemas de los 5 por qué  
Elaboración: Propia

En la figura 8 se muestra un esquema con la técnica de los 5 por qué nace a raíz de la pregunta principal, en relación a los ingresos y gastos mostrados en las primeras figuras, en donde se pudo apreciar que estos son variables y en ocasiones muy cercanos, de modo que con este esquema pudimos indagar para el problema de fondo, encontrándonos con dos puntos clave los cuales son:

La baja Productividad y la ausencia de métodos de trabajo definidos.

Se puede decir entonces que, la inexistencia de métodos de trabajo en el área de fabricación de discos de aluminio, afectan a la productividad.

## 1.2. Formulación del problema principal y específicos

### 1.2.1. Problema Principal

¿Cómo mejorar la Productividad de una empresa Laminadora mediante la propuesta de implementación de Lean Manufacturing en el proceso fabricación de discos de aluminio?

### 1.2.2. Problemas Específicos

- a) ¿Cómo la implementación de la Herramienta Poka Yoke reducirá el consumo de Insumos en el proceso de laminación en la empresa laminadora?
- b) ¿Cómo la implementación de la Estandarización del Trabajo reducirá los Costos en el proceso de recocido de los discos de aluminio en la empresa laminadora?
- c) ¿Cómo la implementación de la Herramienta SMED optimizará el tiempo de ciclo en el proceso de discado en la empresa laminadora?

## 1.3. Objetivo Principal y Específicos

### 1.3.1. Objetivo Principal

Implementar Lean Manufacturing en el proceso de fabricación de discos de aluminio para mejorar la Productividad de una empresa laminadora.

### 1.3.2. Objetivos Específicos

- a) Implementar la Herramienta Poka Yoke para reducir el Consumo de Insumos en el proceso de laminación en la empresa laminadora.
- b) Implementar un Estandarización del trabajo para reducir los Costos en el proceso de recocido de las discos en la empresa laminadora.
- c) Implementar la Herramienta SMED para optimizar el Tiempo de Ciclo en el proceso de discado en la empresa laminadora.

## 1.4. Delimitación de la investigación

### 1.4.1. Espacial

La investigación está comprendida dentro de la provincia de Lima, en el distrito de Ate, dentro de las instalaciones de la Empresa Laminadora de aluminio, en el área de fabricación.

#### 1.4.2. Temporal

Para esta tesis se utilizó datos tomados en las semanas 39 y 40 del presente año, del 21/09/20 al 03/10/20 respectivamente.

Esta es una empresa peruana dedicada a la fabricación, distribución y comercialización de discos y planchas de aluminio, se encuentra presente en el mercado desde hace más de 30 años y está ubicada en los alrededores de la Lotización industrial Santa Rosa – Distrito de Ate, como se aprecia a continuación en la figura 9

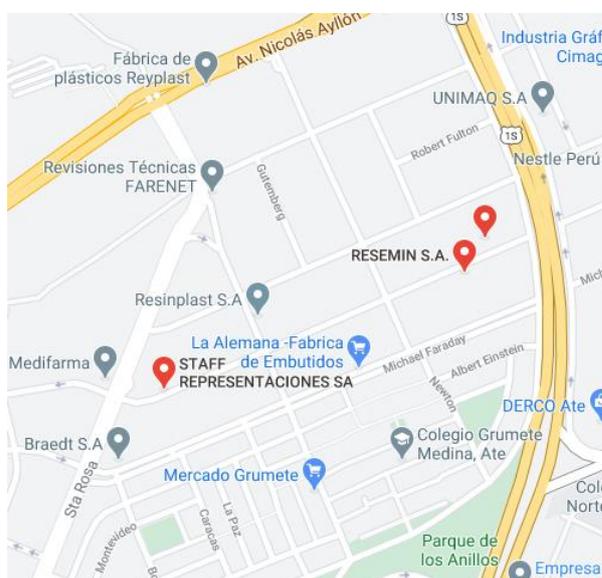


Figura 9  
Ubicación de la Empresa Laminadora  
Elaboración: Propia

La empresa dio inicio con sus actividades en el año 1987, realizando servicios de laminado, recocido y discado de placas de aluminio, con medidas limitadas en ese entonces.

Los procesos dentro de su área de producción son los siguientes:  
Laminado – Recocido – Discado.

A inicios del año 2000 lograron la adquisición de una máquina laminadora que amplió su catálogo de productos, permitiendo hacer placas de aluminio de mayor tamaño.

Alrededor del año 2010 la empresa adquirió un horno eléctrico para mejorar su tiempo de entrega al cliente, ya que antes de esta adquisición

el recocido se realizaba con un horno convencional a base de diésel, haciendo que se alargue el tiempo de espera en esta parte de su proceso. Actualmente la empresa se mantiene con el mismo de catálogo de productos y con los mismos tiempos de entrega, sin embargo, la demanda de estos productos ha aumentado viéndose en la necesidad de mejorar su rendimiento para poder atender la demanda.

#### 1.4.3. Conceptual

La investigación está centrada en el área de producción de la empresa Laminadora. La cual se divide en tres grandes procesos: Laminación, Recocido y Discado, siendo su principal producto los discos de aluminio, los cuales se consiguen a través del procesamiento de su principal materia prima, a la cual se denomina como placa de aluminio, esta pasará por los tres procesos previamente mencionados hasta convertirse en el producto final.

#### 1.4.4. Temática

La investigación está enfocada en la propuesta de implementación de la metodología Lean Manufacturing, con la intención de mejorar sustancialmente los principales procesos del área de fabricación de la empresa, para esto se utilizarán algunas herramientas propias de esta metodología, tales como:

- Poka Yoke, utilizaremos esta herramienta para reducir y a la vez prevenir posibles errores que se den durante el proceso de laminación.
- Takt Time, esta herramienta nos ayudará a determinar el tiempo de ciclo para el proceso de discado, de modo que podamos optimizarlo
- Trabajo estandarizado, esta herramienta no ayudará a definir un método de trabajo adecuado para los diferentes procesos, de modo que nos ayude también en el control de estos.
- Kanban, sistema de información que permite controlar de forma visual el proceso, siendo el más utilizado un tablero kanban.
- SMED (Single-Minute Exchange of die), la idea de utilizar esta herramienta es la de optimizar los tiempos de cambios por medida de disco en el proceso de discado.

## 1.5. Justificación e importancia

### 1.5.1. Justificación Teórica

La metodología Lean Manufacturing, según Hernández y Vizán (2013):

Es una filosofía de trabajo, basada en las personas, que define la forma de mejora y optimización de un sistema de producción focalizándose en identificar y eliminar todo tipo de “desperdicios”, definidos éstos como aquellos procesos o actividades que usan más recursos de los estrictamente necesarios (p. 10).

Bajo este criterio, la investigación se basó en la búsqueda de “desperdicios” y puntos de mejora de los procesos dentro del área de fabricación de la empresa laminadora, con el fin de mejorar la productividad utilizando las herramientas de la metodología Lean: Poka Yoke, Estandarización del trabajo y SMED.

### 1.5.2. Justificación Práctica

La investigación se realizó por la necesidad de reducir el uso de insumos en el proceso de laminado, reducir el tiempo de utilización del horno de recocido y mejorar el tiempo de ciclo del proceso de discado, con el fin de mejorar la productividad dentro del área de fabricación.

### 1.5.3. Justificación Social

La importancia social de la investigación radica en la aplicación de las herramientas SMED, Estandarización del trabajo y Poka Yoke, porque buscan ordenar los procesos que se ejecutan en el área de fabricación, de modo que el personal pueda realizar de manera correcta sus funciones y entienda la importancia de estas dentro de la empresa.

### 1.5.4. Importancia

La importancia de esta investigación radica en lo siguiente, en primer lugar, tiene como finalidad mejorar la productividad en la fabricación de discos de aluminio de la empresa, ya que en la actualidad no se cuenta con procesos estandarizados, por lo que esto eleva sus costos dentro de su proceso productivo.

Este objetivo parte en principio por la preocupación de los directivos, debido a la variación en sus costos y la falta de control de sus procesos; posteriormente esta preocupación se refleja en la parte operativa de la empresa, como el jefe de planta y sus operarios a cargo, percatándose que pueden mejorar en sus labores diarias, y al mismo tiempo que pueden contar con un ambiente de trabajo seguro, para colaborar con el cumplimiento de los objetivos planteados por los directivos de la empresa. En base a los resultados que se obtengan de la investigación se espera marcar un precedente dentro de la empresa, de modo que sus directivos lo tengan en consideración para decisiones a futuro, ya que al ser una PYME no se ha realizado con anterioridad un estudio o investigación enfocado al impacto que tengan las metodologías de ingeniería dentro de su área productiva.

También, se busca aportar conocimiento mediante la experimentación que se ha realizado en esta investigación, con el fin de servir de soporte o ser referentes para la comunidad académica o a toda aquella persona que esté investigando con respecto a la metodología Lean Manufacturing y el impacto de esta en la mejora de la productividad de los procesos.

Mediante la propuesta implementación de las herramientas del Lean Manufacturing se planea mejorar puntos claves dentro del área de producción, siendo los más críticos los siguientes: laminado, recocado y discado. Mejorando así la utilización de los recursos incurridos dentro de estos, y en consecuencia mejorando la productividad global del área de producción de la empresa.

#### 1.6. Limitaciones

Consideramos que las principales limitaciones que se presentarán durante el desarrollo de la tesis serán las siguientes:

- Esquematizar y ordenar adecuadamente la información, ya que no se encuentra ordenada.

## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1 Antecedentes del estudio de investigación

Ferreyra y Natividad (2019), la tesis de ambos autores tuvo como objetivo a raíz de un plan piloto, mejorar la productividad de una de las áreas de una empresa manufacturera de productos plásticos, utilizando las herramientas de la metodología Lean Manufacturing, tales como las 5'S, Poka Yoke y SMED. Los resultados obtenidos se reflejaron en una reducción de tiempos muertos en ciertas actividades claves del proceso, como por ejemplo en la búsqueda de las materias primas y materiales de fabricación, en el cambio de herramientas de proceso a proceso, demostrando así la eficacia del plan piloto para una futura implementación.

Cáceres y Vejarano (2019), la tesis de ambos autores abarcó la identificación de problemas que suceden dentro de la producción de ollas de aluminio de una empresa metalmecánica, aplicando mejoras a partir de la metodología Lean Manufacturing, y reduciendo dichos problemas. El primer paso de la investigación fue el de realizar un análisis de los problemas, enfocándose en la frecuencia de estos y sus causas; utilizando las herramientas del Lean como por ejemplo 5's y TPM, entre otros, para así abordar las causas identificadas. Posterior a esto, se realizó una simulación con los datos obtenidos, con el fin de adaptar estas técnicas del Lean manufacturing para así poder medir de manera estadística a la variable productividad. Como resultado de la investigación se obtuvo el control y ordenamiento de las maquinarias y mano de obra involucrado dentro del proceso de producción.

Arroyo, N. (2018), su tesis tuvo como objetivo mejorar el sistema de producción en una empresa metalmecánica, logrando de este modo un aumento de su rentabilidad, tomando como iniciativa la implementación del Lean Manufacturing. El autor de la tesis tomó como referencia la

definición del autor Hernández & Vizán (2013) detallada de la manera siguiente:

“Lean Manufacturing es una filosofía que se basa principalmente en las personas, nos ayuda a definir y optimizar los sistemas productivos, focalizándose en identificar y eliminar todo tipo de desperdicios” (p. 10). Se entiende por desperdicios todas aquellas actividades que sólo aportan costos extras al producto, mas no valor, por tal motivo, son innecesarios. En este trabajo se mejoró el sistema de producción de una empresa metalmecánica a través de la reducción de los costos, mejora de la calidad, reducir los tiempos de fabricación e incrementar la misma. Para esto se implementaron las herramientas del Lean Manufacturing como el Single Minute Exchange of Die (SMED-Cambio de herramientas), Estandarización de Operaciones y el Just in time (JIT-Justo a tiempo) en cada proceso crítico del proceso productivo.

Se realizó el análisis, diagnóstico e implementación de la mejora en el proceso productivo, y se obtuvieron los siguientes resultados: Una reducción de 47% del setup de las paradas programadas en el proceso roll forming postes y perfiles, una reducción de 59% del tiempo de reproceso en el proceso de granallado y una reducción de 17% del tiempo de fabricación en el ciclo productivo generado por el incremento de la producción en un 25%. De acuerdo a los resultados obtenidos se demostró que la aplicación del Lean Manufacturing, mejora el sistema de producción en las empresas productivas aplicadas. En consonancia a lo postulado para una implementación exitosa del Lean Manufacturing se requiere del compromiso de toda la organización, respeto al trabajador y adaptabilidad a los diversos contextos e innovación continua.

Mio (2017), el objetivo de esta investigación fue la de determinar cómo la aplicación del Lean Manufacturing mejoraría la productividad de una empresa que realiza servicios de estructuras metálicas, obras civiles y servicios en general.

Se tomaron datos de la empresa durante un periodo de 3 meses antes y después de los proyectos realizados en la empresa ALMAKSA S.A.C, los

datos se esquematizaron en el software Excek y se evaluaron en el software SPSS.

Las herramientas del Lean Manufacturing que se utilizaron en la investigación fueron las siguientes: Value Stream Mapping (VSM), Estandarización y Poka yoke, los resultados se vieron reflejados en el aumento de la eficiencia como eficacia de la empresa

Heredia (2017) el objetivo que se tuvo su trabajo fue el de determinar de qué manera la aplicación de Lean Manufacturing mejoraría la productividad de la Empresa Industrias de Calzado ABBIELF S.A.C, basándose en la filosofía Lean Manufacturing, para esto se planteó diferentes soluciones a dicha problemática, y se alcanzó así optimizar la producción de suelas de zapatos en la organización.

El análisis de las soluciones consintió básicamente en analizar la realidad por la que pasaba el área de producción de la empresa, y así diseñar mejoras visibles y no visibles, con ayuda y el uso de las herramientas de Lean Manufacturing, como las Tak Time y Poka Yoke, de este modo se implementó un método de mejora para medir los resultados respecto a la productividad de las suelas de zapatos, además del beneficio y resultado que han sido obtenidas en la investigación.

Engum (2009) La evolución de la tecnología y los nuevos medios, durante un largo período de tiempo, ha influido en la industria de los periódicos. Este desarrollo ha afectado particularmente al periódico impreso con una caída en la circulación; obligando a los impresores de periódicos a ser más eficientes y buscar métodos para aumentar las ganancias y reducir los costos. La estrategia de Lean Manufacturing, que incluye la eliminación de desechos, puede ayudar a los impresores de periódicos a lograr estos objetivos. La fabricación ajustada se ha centrado cada vez más en la industria de la impresión. Sin embargo, el número de periódicos que implementan Lean sigue siendo mínimo. Esta investigación ha buscado determinar el nivel de conocimiento de Lean Manufacturing dentro de la industria de impresión de periódicos, así como identificar sus beneficios.

Los resultados se basan en datos recopilados a través de un cuestionario de 64 impresores de periódicos, así como a través de entrevistas con gerentes de cinco impresores de periódicos. La investigación ha identificado los beneficios que han recibido los impresores de periódicos ajustados y el número de impresores de periódicos que planean incorporar la fabricación ajustada en sus estrategias comerciales futuras.

En la investigación, se encontró que muchos impresores de periódicos están algo familiarizados con los conceptos de Lean Manufacturing, pero parece haber una falta de conocimiento sobre cómo estos conceptos pueden ser beneficiosos para esta industria. También parece haber una falta de conocimiento de seis áreas con oportunidades para mejorar el desempeño de los procesos.

Aunque existe un nivel de conocimiento bastante alto, solo el 17% de los participantes ha implementado algún grado de Lean Manufacturing en sus operaciones. Los gerentes de las organizaciones Lean creen que la industria en general se enfoca en administrar los costos, pero a menudo no saben cómo manejar la eficiencia y la medición del desempeño; también creen que la producción de periódicos se practica de manera muy ineficiente. Los impresores de periódicos que aplican la filosofía Lean consideran que la reducción de residuos es un beneficio importante. Las áreas más importantes para una posible reducción de desperdicios son el reproceso, el desperdicio de papel, los tiempos de cambio, los recursos laborales desperdiciados y el tiempo de inactividad (Markey, 2009; Appleyard, 2009).

El mejor enfoque para implementar la fabricación ajustada en las operaciones de producción de periódicos varía de una empresa a otra, según la cantidad de recursos disponibles dentro de la empresa y la capacidad de la dirección para implementar cambios. Independientemente de la ruta de implementación, si las herramientas se implementan sin los correspondientes cambios en el estilo de gestión, los beneficios obtenidos no serán continuos.

La administración debe dedicar tanto tiempo a hacer cumplir los cambios culturales como a implementar las herramientas reales. Incluso en la situación económica actual, algunos periódicos Lean han podido mantener

niveles aceptables de ganancias y un mejor control de costos les permite mantenerse bien posicionados.

## 2.2 Bases teóricas vinculadas a las variables

### 2.2.1 Proceso de laminación

Según Kalpakjian y Schmid (2008), dicen lo siguiente:

Este proceso consiste en la reducción del espesor o cambiar la sección transversal de una pieza de trabajo, ejerciendo fuerzas a lo largo de esta, mediante el uso de un sistema de rodillos

La laminación se desarrolló a finales del siglo XVI, actualmente es una de las técnicas más utilizadas, tanto de aceración como de fabricación de diversos metales y aleaciones ferrosas y no ferrosas combinan los procesos de colada continua con los de laminación, lo que mejora en gran medida la productividad y disminuye los costos de producción. Esta técnica también es aplicable en materiales no ferrosos, ayudándoles a mejorar sus propiedades, puede aplicarse en plásticos, polvos metálicos, lodo de cerámico y vidrio caliente (p. 347).

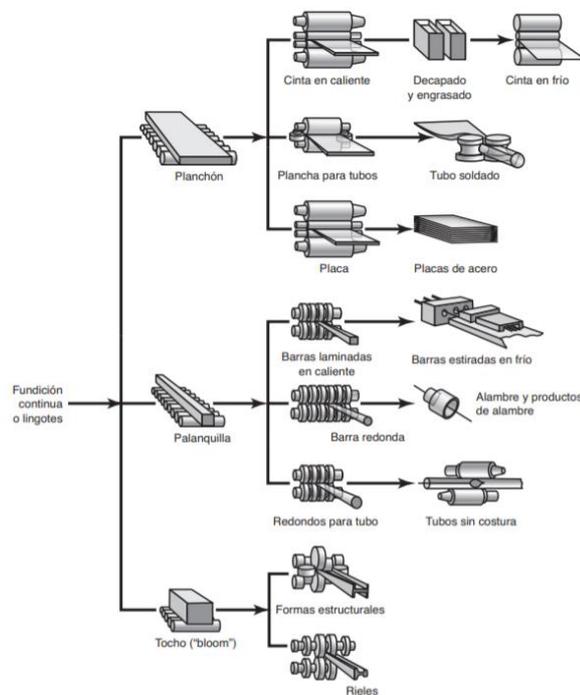


Figura 10

Esquemas de diversos procesos de laminación plana y laminación de forma

Fuente: American Iron and Steel Institute

### 2.2.2 Recocido

Según Kalpakjian y Schmid (2008), dicen lo siguiente:

Recocido es un término general utilizado para describir la restauración de una aleación trabajada en frío o tratada térmicamente en sus propiedades originales. Por ejemplo, el recocido se puede utilizar para aumentar la ductilidad (y de ahí su formabilidad) y reducir la dureza y la resistencia, o para modificar su microestructura. El proceso de recocido también se utiliza para relevar esfuerzos residuales en una parte manufacturada, así como para mejorar la maquinabilidad y la estabilidad dimensional. El término recocido también se aplica al tratamiento térmico de vidrios y productos similares, fundiciones y piezas soldadas (p. 137).

Tabla 5  
Descripción de los procesos térmicos para endurecimiento superficial

Descripción de los procesos de tratamiento térmico para endurecimiento superficial					
Proceso	Metales endurecidos	Elemento agregado a la superficie	Procedimiento	Características generales	Aplicaciones características
Carburizado	Acero de bajo carbono (0.2% C), aceros aleados (0.08-0.2% C)	C	Calentar el acero a 870-950°C (1600-1750°F) en una atmósfera de gases carbonosos (carburizado por gas) o sólidos que contienen carbono (carburizado en caja). Después se enfría.	Se produce una superficie dura, con alto carbono. Dureza 55 a 65 HRC. Profundidad de endurecimiento <0.5-1.5 mm (<0.020 a 0.060 pulgadas). Alguna distorsión de la parte durante el tratamiento térmico.	Engranés, levas, flechas, rodamientos, pernos para pistones, catarinas, placas de embragues.
Carbonitrurado	Acero de bajo carbono	C y N	Calentar el acero a 700-800°C (1300-1600°F) en una atmósfera carbonosa y de amoníaco. Después templar en aceite.	Dureza superficial 55 a 62 HRC. Profundidad de endurecimiento 0.07 a 0.5 mm (0.003 a 0.020 pulgadas). Menor distorsión que en el carburizado.	Pernos, tuercas, engranes.
Cianurado	Acero de bajo carbono (0.2% C), aceros aleados (0.08-0.2% C)	C y N	Calentar el acero a 760-845°C (1400-1550°F) en un baño fundido de soluciones de cianuro (por ejemplo, 30% de cianuro de sodio) y otras sales.	Dureza superficial hasta de 65 HRC. Profundidad de endurecimiento de 0.025 a 0.25 mm (0.001 a 0.10 pulgadas). Alguna distorsión.	Pernos, tuercas, tornillos, engranes pequeños.
Nitrurado	Aceros (1% Al, 1.5% Cr, 0.3% Mo), aceros aleados (Cr, Mo), aceros inoxidables, aceros de alta velocidad para herramientas	N	Calentar el acero a 500-600°C (925-1100°F) en una atmósfera de gas amoníaco o mezclas de sales fundidas de cianuro. No es necesario tratamiento posterior.	Dureza superficial hasta de 1100 HV. Profundidad de endurecimiento 0.1 a 0.6 mm (0.005 a 0.030 pulgadas) y 0.02 a 0.07 mm (0.001 a 0.003 pulgadas) para acero de alta velocidad.	Engranés, flechas, catarinas, válvulas, cortadores, barras de mandrinado, partes para bombas de inyección de combustible.
Borurado	Aceros	B	Se calienta la parte utilizando gases o sólidos que contengan boro en contacto con la parte.	Superficie extremadamente dura y resistente al desgaste. Profundidad de endurecimiento 0.025 a 0.075 mm (0.001 a 0.003 pulgadas).	Aceros para herramientas y matrices.
Endurecimiento a la flama	Aceros de medio carbono, hierros fundidos	Ninguno	Se calienta la superficie con un soplete de oxiacetileno, después se templea con rocío de agua u otros métodos de enfriado.	Dureza superficial de 50 a 60 HRC. Profundidad de endurecimiento de 0.7 a 6 mm (0.030 a 0.25 pulgadas). Pequeñas distorsiones.	Dientes de engranes y catarinas, ejes, cigüeñales, bielas, bancadas y puntos de tornos.
Endurecimiento por inducción	Igual que el anterior	Ninguno	La parte metálica se coloca en devanados de inducción de cobre y se calienta mediante corriente de alta frecuencia, después se templea.	Igual que el anterior.	Igual que el anterior.

Fuente: Manufactura, Ingeniería Y Tecnología (p. 138).

### 2.2.3 Lean Manufacturing

Según Hernández y Vizán 2013), dicen lo siguiente:

Lean es un sistema con muchas dimensiones que incide especialmente en la eliminación del desperdicio mediante la aplicación de las técnicas que se irán describiendo. Lean supone un cambio cultural en la organización empresarial con un alto compromiso de la dirección de la compañía que decida implementarlo. En estas condiciones es complicado hacer un esquema simple que refleje los múltiples pilares, fundamentos, principios, técnicas y métodos que contempla y que no siempre son

homogéneos teniendo en cuenta que se manejan términos y conceptos que varían según la fuente consultada. Indicar, en este sentido, que los académicos y consultores no se ponen de acuerdo a la hora de identificar claramente si una herramienta es o no lean (p. 17).

De forma tradicional se ha recurrido al esquema de la “Casa del Sistema de Producción Toyota” para visualizar rápidamente la filosofía que encierra el Lean y las técnicas disponibles para su aplicación. Se explica utilizando una casa porque ésta constituye un sistema estructural que es fuerte siempre que los cimientos y las columnas lo sean; una parte en mal estado debilitaría todo el sistema. (p. 18).

**Tabla 6**  
**Lista de técnicas asimiladas a acciones de mejora de sistemas productivos**

Lista de técnicas y técnicas asimiladas a acciones de mejora de sistemas productivos	
Las 5'S	Orientación al cliente
Control total de la calidad	Control estadístico de procesos
Círculos de control de Calidad	Benchmarking
Sistemas de sugerencias	Análisis e Ingeniería de valor
SMED	TOC (Teoría de las restricciones)
Disciplina en el lugar de trabajo	Coste basado en actividades
Mantenimiento Productivo total	Seis sigma
Kanban	Mejoramiento de la calidad
Nivelación y Equilibrado	Sistema Matricial de Control interno
Just in Time	Cuadro de mando integral
Cero defectos	Presupuesto base cero
Actividades en grupos pequeños	Organización de rápido aprendizaje
Mejoramiento de la Productividad	Despliegue de la función de calidad
Automatización (Jidoka)	AMFE
Técnicas de gestión de calidad	Ciclo de Deming
Detección, prevención, y eliminación de desperdicios	Función de pérdida de Taguchi

Elaboración: Hernández y Vizán – “Lean manufacturing Conceptos, técnicas e implantación”

Fuente: Lean manufacturing Conceptos, técnicas e implantación (p. 17).

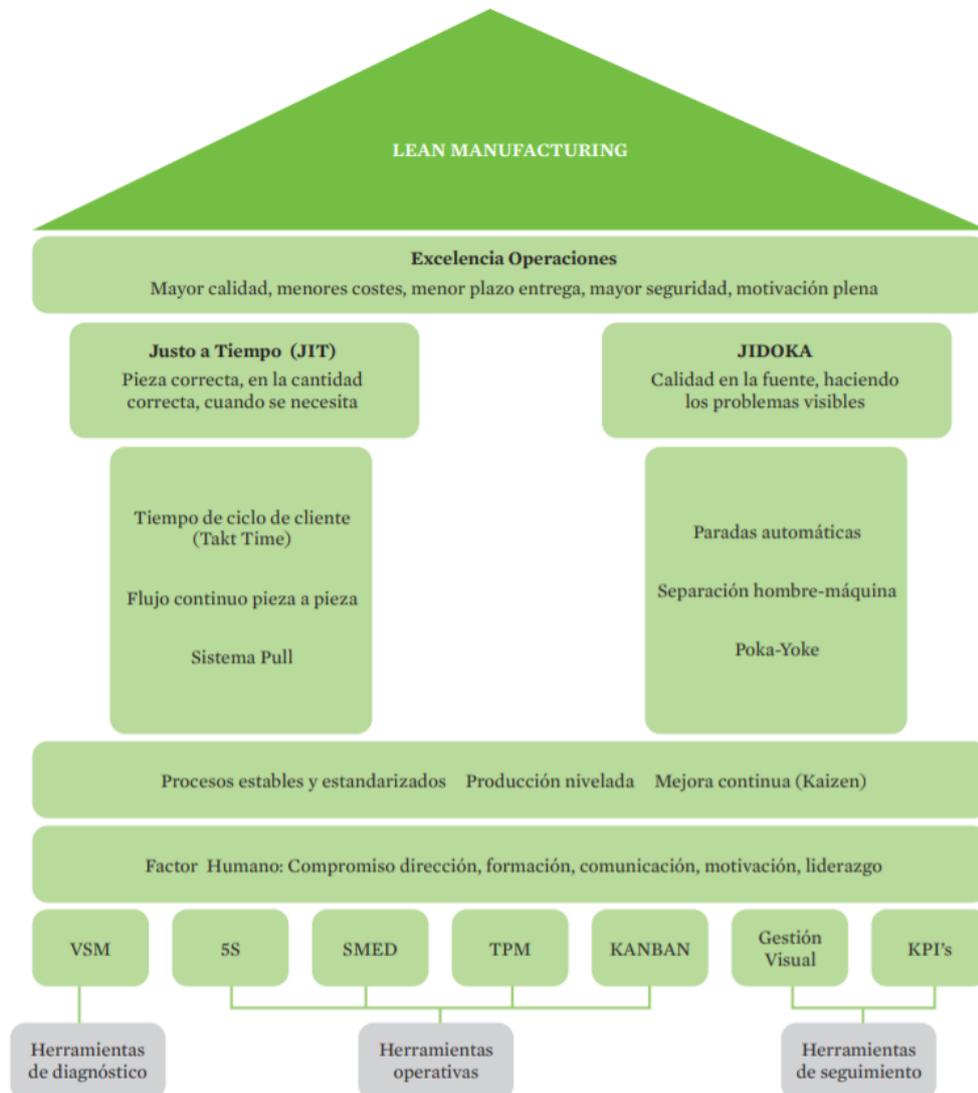


Figura 11  
 Adaptación Conceptualizada de la Casa Toyota  
 Fuente: Lean manufacturing Conceptos, técnicas e implantación  
 (p. 18).

#### 2.2.4 Despilfarros

Según Hernández y Vizán (2013), dicen lo siguiente:

En el entorno Lean se define “despilfarro” como todo aquello que no añade valor al producto o que no es absolutamente esencial para fabricarlo. No se debe cometer el error de confundir desperdicio con lo necesario, es decir, cuando identificamos una operación o proceso como desperdicio, por no añadir valor, asociamos dicho pensamiento a la necesidad de su inmediata eliminación y eso nos puede crear confusión y rechazo.

Cabe señalar que existen actividades necesarias para el sistema o proceso, aunque no tengan un valor añadido. En este caso estos despilfarros tendrán que ser asumidos. Si las empresas actúan en la línea de la eliminación de los despilfarros dispondrán de la herramienta más adecuada para mejorar sus costes. Precisamente Lean surgió cuando las empresas ya no podían vender productos a partir del cálculo de sus costes, fueran los fueran, más un porcentaje de incremento por beneficios.

Con el pensamiento Lean, la estructura de precios se fundamenta en la ecuación simple:

$$\text{Coste} = \text{Precio de mercado} - \text{Beneficio}$$

En un planteamiento Lean se parte del precio que el mercado está dispuesto a pagar y del beneficio que se desea obtener para afrontar la minimización de costes combinando, reduciendo o eliminando tantas actividades sin valor añadido como sea posible. Las organizaciones cuentan con un enorme potencial para reducir costes y ofrecer mejores productos a los clientes si simplifican o eliminan las actividades de valor reducido. En el entorno Lean la eliminación sistemática del desperdicio se realiza a través de tres pasos que tienen como objetivo la eliminación sistemática del despilfarro y todo aquello que resulte improductivo, inútil o que no aporte valor añadido y que recibe el nombre de Hoshin (Brújula):

- Reconocer el desperdicio y el valor añadido dentro de nuestros procesos.
- Actuar para eliminar el desperdicio aplicando la técnica Lean más adecuada.

La mejor forma de entender los conceptos descritos y evaluar su magnitud es identificar algunos de los tipos de despilfarros sobre los que se centra el Lean Manufacturing; almacenamiento, sobreproducción, tiempo de espera, transporte o movimientos innecesarios, defectos, rechazos y reprocesos (p. 22).

### 2.2.5 Productividad

Según Oficina Internacional del Trabajo (OIT), (1996) define la productividad de la siguiente manera:

La productividad es la relación entre producción e insumo.

Esta definición se aplica a una empresa, un sector de actividad económica o toda la economía. El término “productividad” puede utilizarse para valorar o medir el grado en que puede extraerse cierto producto de un insumo dado. Aunque esto parece bastante sencillo cuando el producto y el insumo son tangibles y pueden medirse fácilmente, la productividad resultar más difícil de calcular cuando se introducen bienes intangibles. (p. 5).

Asimismo, la Oficina Internacional del Trabajo (OIT), (1996) define la Productividad en una empresa de la siguiente manera:

La productividad en una empresa puede estar afectada por diversos factores externos, así como por varias deficiencias en sus actividades o factores internos. Entre otros ejemplos de factores externos cabe mencionar la disponibilidad de materias primas y mano de obra calificada, las políticas estatales relativas a la tributación y los aranceles aduaneros, la infraestructura existente, la disponibilidad de capital y los tipos de interés, y las medidas de ajuste aplicadas a la economía o a ciertos sectores por el gobierno. Estos factores externos quedan fuera del control del empleador. No obstante, examinaremos otros factores que están sometidos al control de los directores de las empresas.

Los factores de insumo y producto en una empresa

En una empresa típica la producción se define normalmente en términos de productos fabricados o servicios prestados. En una empresa manufacturera los productos se expresan en número, por valor y por su grado de conformidad con unas normas de calidad predeterminadas. En una empresa de servicios como una compañía

de transporte público una agencia de viajes la producción se expresa en términos de los servicios prestados. En una empresa de transportes la producción puede consistir en el número de clientes o de toneladas de carga por kilómetro transportados. En una agencia de viajes podría ser el valor de los billetes vendidos o el valor medio de los billetes por cliente, etc. Tanto las empresas manufactureras como las de servicios deben estar igualmente interesadas en la satisfacción de los clientes o usuarios, medida, por ejemplo, por el número de quejas o rechazos.

Por otro lado, la empresa dispone de ciertos recursos o insumos con los que crea el producto deseado. Estos son:

- Terrenos y edificios

Terrenos y edificios en un emplazamiento conveniente.

- Materiales

Materiales que pueden transformarse en productos destinados a la venta, como materias primas o materiales auxiliares, por ejemplo, disolventes u otros productos químicos y pinturas que se necesitan en el proceso de fabricación, y el material de embalaje.

- Energía

Energía en sus diversas formas como electricidad, gas, petróleo o energía solar.

- Máquinas y equipo

Las máquinas y el equipo necesario para las actividades de explotación de la empresa, incluso los destinados al transporte y la manipulación, la calefacción o el acondicionamiento de aire, el equipo de oficina, las terminales de computadora, entre otros.

- Recursos humanos

Hombres y mujeres capacitados para desempeñar la actividad operacional, planificar y controlar, comprar y vender, llevar las

cuentas y realizar otras actividades como las de mantenimiento o trabajos administrativos y de secretaria.

Otro factor de producción o insumo es el capital que, aún sin definirse aquí, se incluye implícitamente puesto que se emplea para financiar la compra de terrenos, maquinaria, equipo, materiales y trabajo, y para pagar los servicios prestados por los recursos humanos. La utilización que se hace de todos estos recursos agrupados determina la productividad de la empresa. (p. 6).

#### 2.2.6 Poka Yoke

Según Feld (2001), dice lo siguiente:

Poka-yoke o aprueba de errores, se logra mediante la aplicación de dispositivos simples y económicos diseñados para detectar errores y evitar que se conviertan en defectos. Estos dispositivos se colocan en el proceso para garantizar que sea muy fácil para que el operador haga el trabajo correctamente o muy difícil para el operador que lo hace de forma incorrecta. Los dispositivos pueden ser físicas, mecánicas o eléctricas.

Un Poka-yoke podría ser tan simple como una lista de verificación para el operador o el técnico para garantizar que todos los pasos del proceso estén cubiertos, en gran parte manera como los pilotos revisan una lista de verificación previo a despegar. La intención Poka-yoke es detener los defectos en la fuente, para proporcionar retroalimentación inmediatamente sobre la causa y así evitar la transmisión de productos defectuosos a la siguiente etapa del proceso.

#### 2.2.7 SMED

Según Madariaga (2013), dice lo siguiente:

En 1950, el japonés Shigeo Shingo comenzó a trabajar en la reducción de los tiempos de cambio de las prensas. A lo largo de treinta años desarrolló una metodología a la que denominó SMED (Single Minute Exchange of Die). Shingo colaboró con Toyota

durante más de 25 años como consultor y formador. En 1985, su metodología SMED, previamente publicada en japonés, fue traducida y editada en inglés (Shingo 1985).

#### Paso 1. Descomponer el cambio en operaciones

- Formar un equipo de trabajo multidisciplinario, en el cual participen personal de producción, ingeniería de procesos, mantenimiento, etc.
- Filmar el cambio de la «Referencia 1» a la «Referencia 2» en la máquina seleccionada.
- Visionar el cambio.
- Descomponer el cambio en operaciones.

#### Paso 2. Separar las operaciones en «externas» e «internas»

- Identificar como «externas» aquellas operaciones que pueden realizarse con la máquina en marcha, mientras esta procesa la referencia saliente.
- Identificar como «internas» aquellas operaciones que deben realizarse con la máquina parada.
- Mediante acciones organizativas, realizar en paralelo con la máquina en marcha las operaciones identificadas como externas.
- También son operaciones externas aquellas que pueden realizarse con la máquina en marcha, después de hacer el cambio, por ejemplo: Devolver a la estantería el utillaje saliente.

#### Paso 3. Convertir operaciones internas en externas

- Para convertir operaciones internas en externas, en general, son necesarias modificaciones en el diseño del utillaje, herramientas, y/o la adquisición de nuevos medios físicos. A continuación, se refieren algunos ejemplos de operaciones que es factible convertir en externas:

#### Paso 4. Reducir las operaciones internas

Para reducir las operaciones internas actuaremos sobre los ajustes, los elementos de fijación, los desplazamientos del operario y el trabajo en paralelo:

- Ajustes
- Elementos de fijación:
- Desplazamientos del operario:
- Trabajar en paralelo:

Paso 5. Reducir las operaciones externas

Para reducir el tiempo que el operario dedica a la preparación externa, actuaremos sobre las búsquedas, desplazamientos y esperas:

- Eliminar las búsquedas.
- Minimizar los desplazamientos.
- Eliminar los tiempos de espera:

Paso 6. Estandarizar el cambio

- Documentar el nuevo método de cambio.
- Formar a los operarios sobre el nuevo método de cambio.

Realizar el cambio de acuerdo al nuevo procedimiento y filmarlo de nuevo.

#### 2.2.8 Estandarización

Según Madariaga (2013), dice lo siguiente:

La estandarización de los procesos es el segundo cimiento de la metodología lean manufacturing, la cual busca la eliminación del despilfarro y la reducción de la variación. Es la base de la mejora de la eficiencia. Estandarizar un proceso consiste en establecer estándares y trabajar de acuerdo a los mismos.

En el contexto del lean manufacturing, un estándar es una referencia con la que comparar y puede tratarse de:

- Un procedimiento, una instrucción, una norma, una especificación, por ejemplo:

- Instrucciones de trabajo.
- Procedimientos para el cambio de utillajes.
- Instrucciones de inspección de calidad.
- Normas de seguridad.
- Gamas de mantenimiento autónomo.
- Instrucciones de arranque y parada de equipos.
- Instrucciones de manipulación de materiales.
- Procedimientos de limpieza.
- Un símbolo. Por ejemplo, la silueta de una herramienta en un panel junto a un puesto de trabajo.
- Un nivel, una marca... Por ejemplo, dos marcas pintadas en una estantería que indican el inventario mínimo y máximo de un producto.
- Una cantidad, un valor... Por ejemplo, el objetivo de un indicador del rendimiento de un proceso.
- Etc.

## 2.3 Definición de términos básicos

### 2.3.1 Insumos

Según RAE (2014) “Conjunto de elementos que toman parte en la producción de otros bienes”.

### 2.3.2 Kanban

Según Socconini (2019), Es un sistema de información visual que indica a los operadores cuando iniciar una actividad de producción. (p. 166).

### 2.3.3 Laminación

Según Kalpakjian (2008) “La laminación es el proceso que consiste en reducir el espesor o cambiar la sección transversal de una pieza de trabajo larga mediante fuerzas de compresión aplicadas con un conjunto de rodillos” (p. 347).

#### 2.3.4 Procesado de discado

Es el proceso mediante el cual se obtiene un disco de aluminio mediante el corte circular de una plancha de aluminio, previamente obtenida del proceso del proceso de laminación y recocido.

#### 2.3.5 Productividad

Según Organización internacional del trabajo [OIT] (1996), “La productividad es la relación entre producción e insumo.” (p. 4).

También, según Chase, Jabos y Aquilano (2009) “la productividad es una medida que suele emplearse para conocer qué tan bien están utilizando sus recursos (o factores de producción) un país, una industria o una unidad de negocios” (p. 28).

#### 2.3.6 Takt Time

Según Hernández y Vizán (2013) “Indica el “ritmo” o “paso” al que se debe producir para estar en sincronía con la demanda del producto. Es el resultado de dividir el tiempo disponible para producción entre la demanda del cliente en ese período de tiempo” (p. 167).

#### 2.3.7 Tiempo de ciclo

Según Hernández y Vizán (2013), lo definen como “Tiempo requerido para completar un ciclo de una operación. En la filosofía Lean, se busca igualar al “takt time” para poder tener flujo de una sola pieza” (p. 167).

## **CAPÍTULO III: Sistema de Hipótesis**

### 3.1 Hipótesis

#### 3.1.1 Hipótesis Principal

Mediante la Propuesta de Implementación de Lean Manufacturing en el proceso de fabricación de discos de aluminio se mejorará la Productividad de una empresa laminadora.

#### 3.1.2 Hipótesis Secundarias

- a) Mediante la implementación de la Herramienta Poka Yoke, se reducirá el Consumo de Insumos en el proceso de laminación en la empresa laminadora.
- b) Mediante la implementación de la Estandarización del trabajo se reducirán los Costos en el proceso de recocido de los discos de aluminio en la empresa laminadora.
- c) Con la implementación de la Herramienta SMED se optimizará el Tiempo de Ciclo en el proceso de discado en la empresa laminadora.

## 3.2 Variables

### 3.2.1 Definición Conceptual

#### 3.2.1.1 Matriz de Conceptualización de Variables Independientes

Tabla 7

Matriz de Conceptualización de Variables Independientes

<b>Problema</b>	<b>Tipo</b>	<b>Variable</b>	<b>Definición</b>	<b>Técnicas</b>
<b>General</b>				
¿Cómo mejorar la Productividad de una empresa Laminadora mediante la propuesta de implementación de Lean Manufacturing en el proceso fabricación de discos de aluminio?	Variable Independiente	Lean Manufacturing	Según Hernández y Vizán (2013): Es una filosofía de trabajo, basada en las personas, que define la forma de mejora y optimización de un sistema de producción focalizándose en identificar y eliminar todo tipo de “desperdicios”, definidos éstos como aquellos procesos o actividades que usan más recursos de los estrictamente necesarios (p. 10).	Las técnicas de recolección de datos serán las siguientes: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Para el proceso de laminado se tomará nota de todos los insumos utilizados, tales como: Aceites (lt.), kerosene (lt.)</li> <li>• Para el proceso de recocido se tomará nota del tiempo en el cual una cantidad determinada (kg.) de planchas de aluminio tardan en ser procesados, de modo que se pueda calcular el consumo de energía eléctrica por cantidad de planchas (Kw)</li> <li>• Para el proceso de discado se tomará nota del tiempo de ciclo que demora un operario para obtener un disco aluminio.</li> </ul>
<b>Específicos</b>				
¿Cómo la implementación de la Herramienta Poka Yoke reducirá el consumo de Insumos en el proceso de laminación en la empresa laminadora?	Variable Independiente	Herramienta Poka Yoke	Según Hernández y Vizán (2013): Dispositivos “a prueba de error” diseñados para prevenir la producción de defectos en la realización de un servicio o fabricación de un producto por medio de la detección y/o bloqueo de las condiciones de error que posteriormente generan el defecto.	

---

<p>¿Cómo la implementación de la Estandarización del Trabajo reducirá los Costos en el proceso de recocido de las discos de aluminio en la empresa laminadora?</p>	<p>Variable Independiente</p>	<p>Estandarización del Trabajo</p>	<p>Según Hernández y Vizán (2013): “Técnica que persigue la elaboración de instrucciones escritas o gráficas que muestren el mejor método para hacer las cosas”</p>	<p>Las Técnicas de procesamiento de datos serán las siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Microsoft Excel</li> </ul> <p>Con los resultados de esta tabulación, teniendo un mejor panorama de las deficiencias en los diferentes procesos, se plantearán diferentes opciones de mejora, las cuales serán simuladas en el software:</p>
<p>¿Cómo la implementación de la Herramienta SMED optimizará el tiempo de ciclo en el proceso de discado en la empresa laminadora?</p>	<p>Variable Independiente</p>	<p>Herramienta SMED</p>	<p>Según Socconini (2019), (Single Minute Exchange of Die) significa cambio de herramientas en un solo dígito de minuto, es decir, en menos de 10 minutos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• MiniTab 19</li> </ul> <p>De modo que nos permita validar o rechazar la hipótesis planteada.</p>

---

Fuente: Elaboración Propia

### 3.2.1.2 Matriz de Conceptualización de Variables Dependientes

Tabla 8  
Matriz de Conceptualización de Variables Dependientes

<b>Problema</b>	<b>Tipo</b>	<b>Variable</b>	<b>Definición</b>	<b>Técnicas</b>
<b>General</b>				
¿Cómo mejorar la Productividad de una empresa Laminadora mediante la propuesta de implementación de Lean Manufacturing en el proceso fabricación de discos de aluminio?	Variable dependiente	Productividad	Según Organización internacional del trabajo [OIT] (1996), “La productividad es la relación entre producción e insumo.”	Las técnicas de recolección de datos serán las siguientes: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Para el proceso de laminado se tomará nota de todos los insumos utilizados, tales como: Aceites (lt.), kerosene (lt.)</li> <li>• Para el proceso de recocido se tomará nota del tiempo en el cual una cantidad determinada (kg.) de planchas de aluminio tardan en ser procesados, de modo que se pueda calcular el consumo de energía eléctrica por cantidad de planchas (Kw)</li> <li>• Para el proceso de discado se tomará nota del tiempo de ciclo que demora un operario para obtener un disco aluminio.</li> </ul>
<b>Específicos</b>				
¿Cómo la implementación de la Herramienta Poka Yoke reducirá el consumo de Insumos en el proceso de laminación en la empresa laminadora?	Variable dependiente	Consumo de Insumos	Según RAE (2014) Insumos es “Conjunto de elementos que toman parte en la producción de otros bienes”. Para nuestro caso, se trata de aquellos elementos utilizados en el proceso de laminado	Las Técnicas de procesamiento de datos serán las siguientes: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Microsoft Excel</li> </ul> Con los resultados de esta tabulación, teniendo un mejor panorama de las deficiencias en los diferentes procesos, se plantearán diferentes opciones de mejora, las
¿Cómo la implementación de la Estandarización del Trabajo reducirá los Costos en el proceso de recocido de las discos de aluminio en la empresa laminadora?	Variable dependiente	Consumo de Insumos	Según Hernández y Vizán (2013), lo definen como la “Técnica que persigue la elaboración de instrucciones escritas o gráficas que muestren el mejor método para hacer las cosas” (p. 34).	Las Técnicas de procesamiento de datos serán las siguientes: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Microsoft Excel</li> </ul> Con los resultados de esta tabulación, teniendo un mejor panorama de las deficiencias en los diferentes procesos, se plantearán diferentes opciones de mejora, las

---

<p>¿Cómo la implementación de la Herramienta SMED optimizará el tiempo de ciclo en el proceso de discado en la empresa laminadora?</p>	<p>Variable dependiente</p>	<p>Tiempo de ciclo</p>	<p>de</p> <p>Según Hernández y Vizán (2013), lo definen como “Tiempo requerido para completar un ciclo de una operación. En la filosofía Lean, se busca igualar al “takt time” para poder tener flujo de una sola pieza”</p>	<p>cuales serán simuladas en el software:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• MiniTab 19</li> </ul> <p>De modo que nos permita validar o rechazar la hipótesis planteada.</p>
--	-----------------------------	------------------------	--	--

---

Fuente: Elaboración Propia

### 3.2.2 Operacionalización

#### 3.2.2.1 Matriz de Operacionalización de Variables Independientes

Tabla 9

Matriz de Operacionalización de Variables Independientes

<b>Problema General</b>	<b>Tipo</b>	<b>Variable</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Indicador</b>
¿Cómo mejorar la Productividad de una empresa Laminadora mediante la propuesta de implementación de Lean Manufacturing en el proceso fabricación de discos de aluminio?	Variable Independiente	Lean Manufacturing	Herramienta Poka Yoke Estandarización del Trabajo Herramienta SMED	Sí
<b>Específicos</b> ¿Cómo la implementación de la Herramienta Poka Yoke reducirá el consumo de Insumos en el proceso de laminación en la empresa laminadora?	Variable Independiente	Herramienta Poka Yoke	Dispositivo de control de refrigerante, Dispositivo de control de Aceite, Dispositivo de control de espesor, Identificación de errores de laminado	-
¿Cómo la implementación de la Estandarización del Trabajo reducirá los Costos en el proceso de recocido de las discos de aluminio en la empresa laminadora?	Variable Independiente	Estandarización del Trabajo	Carga óptima, Tiempo óptimo, Costos	-
¿Cómo la implementación de la Herramienta SMED optimizará el tiempo de ciclo en el proceso de discado en la empresa laminadora?	Variable Independiente	Herramienta SMED	Actividades Internas, Actividades Externas, Tiempos muertos, Tiempo de ciclo	-

Fuente: Elaboración Propia

### 3.2.2.2 Matriz de Operacionalización de Variables Dependientes

Tabla 10  
Matriz de Operacionalización de Variables Dependientes

<b>Problema General</b>	<b>Tipo</b>	<b>Variable</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Indicador</b>
¿Cómo mejorar la Productividad de una empresa Laminadora mediante la propuesta de implementación de Lean Manufacturing en el proceso fabricación de discos de aluminio?	Variable dependiente	Productividad	Consumo de Insumos Costos Tiempo de ciclo	Sí
<b>Específicos</b> ¿Cómo la implementación de la Herramienta Poka Yoke reducirá el consumo de Insumos en el proceso de laminación en la empresa laminadora?	Variable dependiente	Consumo de Insumos	Consumo de refrigerantes (Lt), Consumo de aceites (Lt), Epp's	I1 = Consumo Mensual de insumos (Soles/Mes)
¿Cómo la implementación de la Estandarización del Trabajo reducirá los Costos en el proceso de recocido de las discos de aluminio en la empresa laminadora?	Variable dependiente	Costos	Consumo eléctrico, Tiempo de la operación, Carga del horno	I2 = Consumo eléctrico mensual (Soles/Mes)
¿Cómo la implementación de la Herramienta SMED optimizará el tiempo de ciclo en el proceso de discado en la empresa laminadora?	Variable dependiente	Tiempo de ciclo	Tiempo de recambio de herramienta, Tiempos muertos, Tiempo neto de la operación	I3 = Velocidad de discado (Min/Unid.)

Fuente: Elaboración Propia

## **CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN**

### 4.1 Tipo y Nivel o Alcance de la investigación

Según Hernández (2014) quien define lo siguiente:

“La investigación científica es, en esencia, como cualquier tipo de investigación, sólo que más rigurosa, organizada y se lleva a cabo cuidadosamente...

...Tal clase de investigación cumple dos propósitos fundamentales: a) producir conocimiento y teorías (investigación básica) y b) resolver problemas (investigación aplicada). Gracias a estos dos tipos de investigación la humanidad ha evolucionado. La investigación es la herramienta para conocer lo que nos rodea y su carácter es universal”. (p. XXIV).

Tomando en consideración lo anterior expuesto por el autor, nuestra investigación será de Tipo Aplicada, ya que usa metodologías y conocimientos que ya existen de modo que podamos resolver la problemática presentada en el área de fabricación de la empresa laminadora.

Según Hernández (2014), quien define lo siguiente:

“Los estudios explicativos van más allá de la descripción de conceptos o fenómenos o del establecimiento de relaciones entre conceptos; es decir, están dirigidos a responder por las causas de los eventos y fenómenos físicos o sociales. Como su nombre lo indica, su interés se centra en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta o por qué se relacionan dos o más variables.” (p. 95).

Tomando de referencia lo dicho por el autor, el nivel o alcance de nuestra investigación será de Explicativo.

### 4.2 Diseño de investigación

Según Hernández (2014), quien define lo siguiente:

“Los diseños cuasi experimentales también manipulan deliberadamente, al menos, una variable independiente para observar su efecto sobre una o más

variables dependientes, sólo que difieren de los experimentos “puros” en el grado de seguridad que pueda tenerse sobre la equivalencia inicial de los grupos. En los diseños cuasi experimentales, los sujetos no se asignan al azar a los grupos ni se emparejan, sino que dichos grupos ya están conformados antes del experimento: son grupos intactos (la razón por la que surgen y la manera como se integraron es independiente o aparte del experimento). Por ejemplo, si fueran tres grupos escolares formados con anterioridad a la realización del experimento, y cada uno de ellos constituye un grupo experimental. El diseño es Cuasi experimental”. (p. 151).

Tomando de referencia a lo citado anteriormente, el diseño de nuestra investigación será de tipo Cuasi experimental, ya que se manipularán todas las variables independientes del estudio para analizar el comportamiento de las variables dependientes a estas.

#### 4.3 Enfoque

Según Hernández (2014), quien define lo siguiente:

“El enfoque cuantitativo es secuencial y probatorio. Cada etapa precede a la siguiente y no podemos “brincar” o eludir pasos. El orden es riguroso, aunque desde luego, podemos redefinir alguna fase. Parte de una idea que va acotándose y, una vez delimitada, se derivan objetivos y preguntas de investigación, se revisa la literatura y se construye un marco o una perspectiva teórica. De las preguntas se establecen hipótesis y determinan variables; se traza un plan para probarlas (diseño); se miden las variables en un determinado contexto; se analizan las mediciones obtenidas utilizando métodos estadísticos, y se extrae una serie de conclusiones respecto de la o las hipótesis.” (p. 4).

Según la anterior definición, vemos que nuestra investigación se amolda a lo expresado por el autor, por lo cual consideramos que nuestro enfoque será de tipo Cuantitativo, ya que cada etapa de la investigación se realizará de forma secuencial y utilizaremos métodos estadísticos para probar las hipótesis.

#### 4.4 Población y Muestra

##### 4.4.1 Población

La población para esta investigación será el Área de Producción de la empresa laminadora, como se detalló anteriormente en el punto 1.4.3 de este trabajo.

##### 4.4.2 Muestra

Según Hernández (2014) “En las muestras no probabilísticas, la elección de los elementos no depende de la probabilidad, sino de causas relacionadas con las características de la investigación o los propósitos del investigador.” (p. 176).

Para fines de la investigación, lo que se pretende hacer es manipular las variables del estudio para observar y entender sus comportamientos, sin dejar nada al azar. Por tal motivo definimos nuestra muestra del estudio como No Probabilística.

Asimismo, el tamaño de la misma para este caso será por conveniencia, debido a lo anteriormente explicado y por las propias limitaciones del estudio explicadas en el punto 1.6 de la investigación.

#### 4.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

##### 4.5.1 Tipos de técnicas e instrumentos

Según Hernández (2014), define la técnica de la Observación de la siguiente manera:

“Este método de recolección de datos consiste en el registro sistemático, válido y confiable de comportamientos y situaciones observables, a través de un conjunto de categorías y subcategorías. Útil, por ejemplo, para analizar conflictos familiares, eventos masivos (como la violencia en los estadios de fútbol), la aceptación-rechazo de un producto en un supermercado, el comportamiento de personas con capacidades mentales distintas, la adaptación de operarios a una nueva maquinaria, etc”. (p. 252).

En base a lo explicado por el autor, para nuestra investigación utilizaremos de base el método de la Observación, ya que principalmente lo que se desea es justamente observar el comportamiento de los recursos utilizados en los

diferentes procesos (laminado, secado y discado), de modo que podamos con ayuda de algunos formatos elaborados, cuantificar el uso de los recursos, los cuales deseamos se vean disminuidos con la propuesta de implementación de las metodologías anteriormente explicadas.

En cuanto a los instrumentos para la recolección de datos, se elaboraron los siguientes formatos:

a) Instrumento N°01 - Ficha de observación para el Proceso de Laminado

Este instrumento nos permite obtener la siguiente información:

- Cantidad de material utilizado (cantidad de planchas de aluminio en Kg).
- Cantidad de pasadas por los rodillos de dichas planchas de aluminio.
- Cantidad de acetite (en Lt) utilizados para el proceso
- Cantidad de lubricante (en Lt) utilizados para el proceso
- Finalmente nos permite esquematizar dicha información de forma ordenada y concisa.

b) Instrumento N°02 - Ficha de observación para el Proceso de Recocido

Este instrumento nos permite obtener la siguiente información:

- Tipo de material que ingresa al horno de recocido (Sin se trata de una plancha de aluminio o de un disco).
- Cantidad de material que ingresa al horno de recocido (en Kg).
- Tiempo de inicio de la operación de recocido, se apunta la hora en la cual se prende el horno.
- Tiempo final de la operación de recocido, se apunta la hora en la que el horno es apagado.
- Finalmente se apunta un breve resumen de la operación con sus respectivas operaciones y el tiempo total del recocido del lote de planchas o discos observado.

c) Instrumento N°03 - Ficha de observación para el Proceso de Discado

Este instrumento nos permite obtener la siguiente información:

- Datos del operario para dicha operación, ya que se tiene un personal más experimentado que otro.
- Se apunta la hora de inicio de cada una de las operaciones del proceso de discado.
- Se apunta la hora de término de cada una de las operaciones del proceso de discado.
- Se describe brevemente cada una de las operaciones que realiza el operario.
- Se apunta el tiempo total del proceso de discado (en minutos).
- Finalmente, se apunta de forma concisa los resultados obtenidos, como la duración de las operaciones (en minutos), la cantidad de discos de aluminio obtenidos (en unidades y kg)

#### 4.5.2 Criterios de validez y confiabilidad de los instrumentos

Los instrumentos de toma de datos anteriormente detallados, fueron revisados y evaluados por expertos en el área de investigación (operaciones), para su validación. Nos pusimos en contacto personalmente con los mencionados expertos en el área por medio de una carta de presentación formal, a la par se elaboró una ficha de evaluación de los instrumentos de observación que se les compartió a los expertos. Finalmente, cada uno de los expertos revisó a detalle cada instrumento de observación, y nos brindaron sus recomendaciones y sugerencias para la mejora de estos.

La mencionada Carta de Presentación, la Ficha de evaluación de instrumentos y los instrumento propiamente dichos para la toma de datos, podrán visualizarse de mejor modo en: Anexo 01, Anexo 02, Anexo 03, Anexo 04, Anexo 05, Anexo 06 y Anexo 07.

#### 4.5.3 Procedimientos para recolectar datos

Para la recolección de los datos, el procedimiento que se realizó fue el siguiente:

- Como se mencionó anteriormente en el punto 1.6 (Limitaciones), principalmente por el estado de emergencia y pandemia la toma de datos se realizó de forma de remota, ya que se tuvo la facilidad de poder visualizar grabaciones de las operaciones en el periodo mencionado en el punto 1.4.2 (Delimitación temporal).
- Para la recolección de datos sólo se realizó la observación de medidas de discos de aluminio producidos, con las especificaciones siguientes: Necesariamente deben ser entre 200 a 500 mm de diámetro.
- Lo anterior es importante detallar, debido a que los clientes hacen sus pedidos con diferentes medidas de discos, que van desde los 1000 hasta los 140 mm de diámetro, por lo cual sería complicado realizar el estudio al contar con una amplia gama de productos finales, por lo cual en afán de tener un mejor control se optó solo estudiar las mediadas mencionadas en el punto anterior.
- Con esto claro, ya pasamos al detalle de la operación de toma de datos propiamente. Para esto se ingresa a la plataforma de videocámaras para visualizar el proceso deseado (laminado, recocido o discado).
- Se apunta la información pertinente en cada uno de los formatos, y según las operaciones que se realicen.
- Posteriormente, los resultados de cada uno de los instrumentos se registrarán en un consolidado para su posterior evaluación.
- Para validación de lo anterior mencionado, se pareció en el Anexo 08 una orden de pedido con las especificaciones del cliente, con lo cual se basó la recolección de datos.
- Se presenta en el Anexo 09 la Matriz de consistencia

#### 4.5.4 Técnicas para el procesamiento y análisis de datos

Con los datos obtenidos de todos los formatos anteriormente mencionados, se realizó un análisis para lo cual, primero estos datos fueron tabulados en las plataformas:

- Microsoft Excel 2016

Este paquete nos permitió recopilar y ordenar los datos tomados de las muestras para su posterior análisis estadísticos.

- MiniTab (Versión 19)

Este paquete estadístico nos permitió obtener los resultados estadísticos de las muestras tomadas. Para así poder validar o rechazar las hipótesis planteadas.

## **CAPÍTULO V: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS**

### 5.1 Presentación de los resultados

#### 5.1.1 Descripción de la realidad

##### a) Histórico y antecedentes de la empresa

Los antecedentes y parte histórica de la empresa, fueron mencionados en el punto 1.4.2 de este trabajo de investigación.

##### b) Misión y Visión de la Empresa

###### Misión

Elaborar productos que satisfagan a nuestros clientes cumpliendo los estándares de calidad y competitividad, con el fin de mejorar nuestro proceso productivo junto con la atención y entrega de pedidos.

###### Visión

Ser una de las empresas líderes en la industria de fundición y elaboración de productos de aluminio con altos estándares de calidad y competitividad, ampliar nuestra gama de productos.

c) Organigrama de la Empresa

A continuación, se presenta el organigrama general de la empresa:

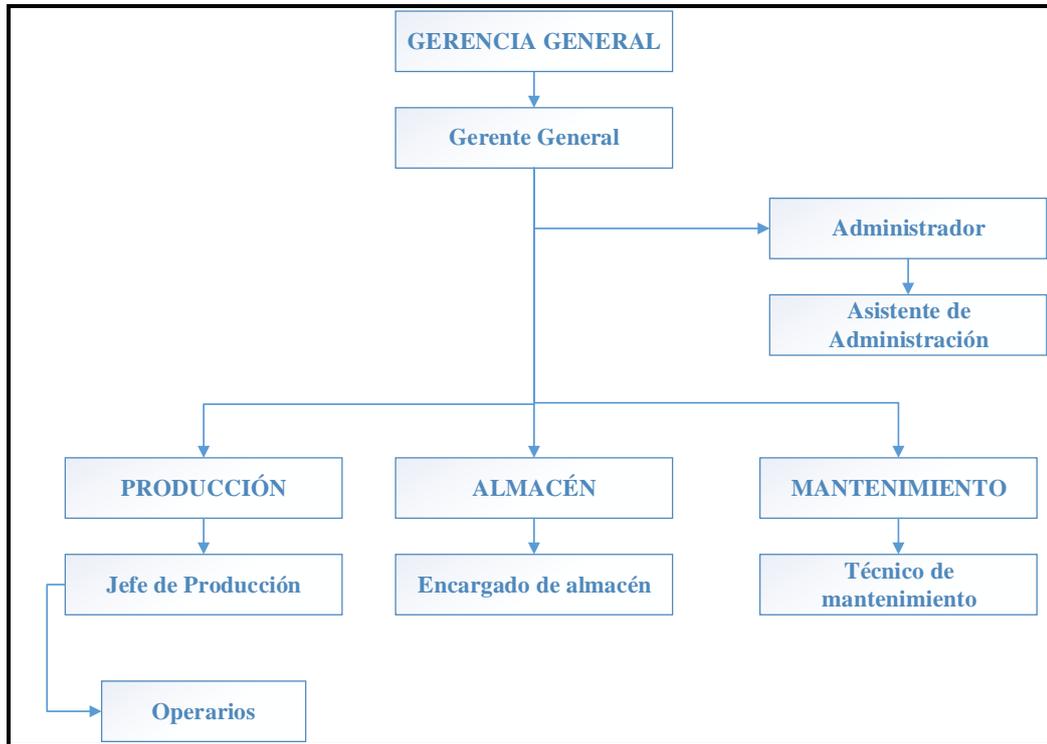


Figura 12  
Organigrama de la empresa  
Fuente: Elaboración propia

En la figura 12 se mostró el organigrama general de la empresa, se aprecia que la Gerencial General es apoyada por un administrador y su asistencia, luego tenemos a los órganos de línea que responden a la Gerencia General. Para nuestra investigación se analizó al área de Producción.

d) Lay-Out actual del área de Producción

A continuación, se presenta el Lay-out del área de producción de la empresa:



f) Descripción de los procesos

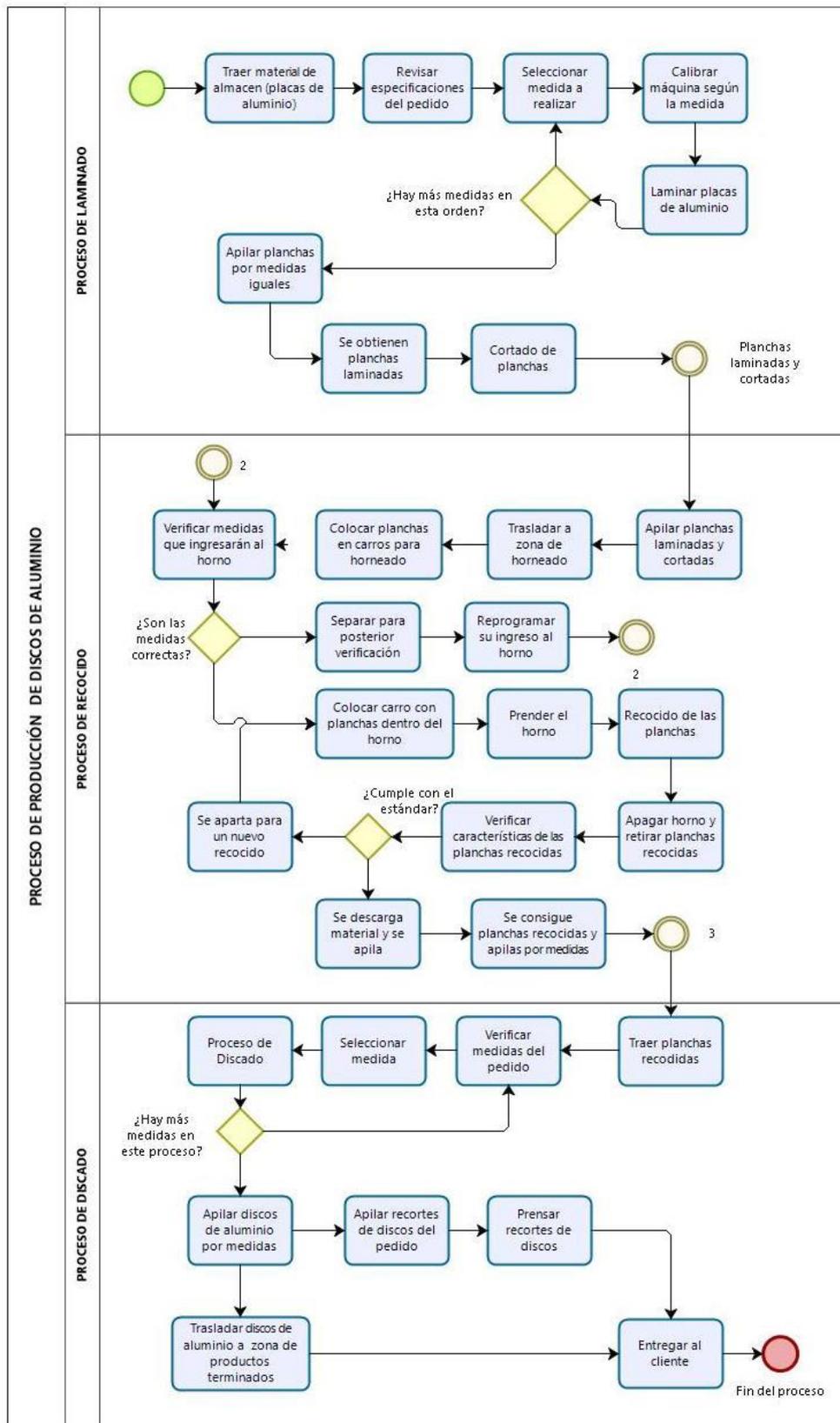


Figura 15  
Diagrama de Flujo del Proceso Productivo  
Fuente: Elaboración propia

La figura 15 nos muestra un diagrama de flujo en el cual se aprecia de inicio a fin la obtención de un disco de aluminio, representando así los procesos actuales de la empresa laminadora, divididos en tres grandes procesos, los cuales se detallan a continuación.

- Proceso de Laminado

La materia prima que alimenta a este proceso son las placas de aluminio suministradas por los diferentes clientes, las cuales suelen ser estándar y se aprecian a continuación:



Figura 16  
Materia Prima (Placa de aluminio)  
Fuente: Elaboración propia

Luego de esto los operarios revisarán las diferentes órdenes de pedido con las que se deben cumplir, a fin de revisar las características de los futuros discos de aluminio. Con esto claro, se procede a calibrar la máquina laminadora, a fin de ajustar el espesor resultante para el pedido, aquí es dónde inicia la operación de laminado propiamente, según se aprecia a continuación:



Figura 17  
Proceso de laminado de las placas de aluminio  
Fuente: Elaboración propia

Durante esta operación se utilizan los insumos como el refrigerante y aceite lubricante, sin embargo, se pudo notar que estos insumos se utilizaron de forma intuitiva, debido a que no existe un debido control del uso de estos.



Figura 18  
Aceite y Refrigerante  
Fuente: Elaboración propia

Obtenidas las planchas laminadas en sus diferentes medidas, estas serán apiladas y posteriormente cortadas para ingresar a la siguiente fase del proceso.

- Proceso de Recocido

En esta fase del proceso ingresarán las planchas laminadas y cortadas obtenidas del proceso de laminado, serán apiladas y trasladadas a la zona de horneado y posteriormente serán apiladas nuevamente dentro de carros especialmente diseñado para el horno, esto según el pedido que se esté realizando (según medidas).



Figura 19  
Carro para horno cargado  
Fuente: Elaboración propia

Con el material ya cargado en los carros, se preparará el horno para el posterior ingreso del carro por un periodo de tiempo, el horno por política de la empresa se pone en funcionamiento durante la noche por un personal interno de la empresa y se apaga durante la jornada del día siguiente. Una vez que se retiren las planchas del horno se debe verificar el resultado del recocido con el fin de garantizar que las planchas obtenidas cumplan con los requisitos de maleabilidad, ya que puedan presentarse algunos defectos, como se puede apreciar a continuación:



Figura 20  
Defecto del recocido  
Fuente: Elaboración propia

Estos defectos se pueden solucionar pasando nuevamente por el proceso de recocido, generando un mayor uso de energía para el mismo material, por lo cual no es lo más recomendable. Con esto listo se consiguen las planchas recocidas y apiladas para pasar a la siguiente fase del proceso.

- Proceso de Discado

Para poder conseguir los discos de aluminio se utilizan las planchas recocidas del anterior proceso, para ello se debe revisar las medidas del pedido a realizar, para así calibrar la máquina discadora y empezar con el proceso de discado, este proceso básicamente se realiza mediante una máquina que permite realizar cortes circulares, como se aprecia en la siguiente figura:



Figura 21

Máquina discadora

Fuente: Elaboración propia

Es así como se consiguen discos uniformes según la medida solicitada por el cliente, posteriormente se llevarán estos discos a la zona de productos terminados. De este proceso también se desprenden recortes de los discos (retazos), lo cual representa en promedio un 33% de la plancha que ingresó al proceso de discado, estos retazos se prensan y se entregan en conjunto con los discos de aluminio obtenidos.



Figura 22

Proceso de Discado

Fuente: Elaboración propia

## 5.1.2 Análisis de la realidad

### 5.1.2.1 Análisis interno de los procesos de la empresa

Tomando como referencia los procesos anteriormente detallados, se identificaron una serie de problemas, los cuales pasamos a detallar a continuación

### 5.1.2.2 Análisis de los problemas específicos

#### a) Uso ineficiente de recursos en el proceso de laminado

Durante el proceso de laminado, se identificó como problema que los operarios no utilizan los recursos, como el aceite lubricante ni el refrigerante de una forma adecuada, ya que se basan en su propio criterio. Para esto se tomaron algunos datos los cuales muestran a continuación:

Tabla 11  
Toma de datos del consumo de insumos

Fecha	Aceite (Lt)	Refrigerante (Lt)
21/09/2020	3.85	4.85
21/09/2020	4.30	6.25
22/09/2020	3.75	5.35
22/09/2020	4.55	5.45
23/09/2020	4.65	5.05
23/09/2020	4.90	4.95
24/09/2020	3.85	4.75
24/09/2020	4.95	6.45
25/09/2020	5.15	5.15
25/09/2020	5.35	4.75
26/09/2020	5.40	5.95
28/09/2020	5.25	7.25
28/09/2020	5.95	6.35
29/09/2020	5.85	6.15
29/09/2020	6.15	7.05
30/09/2020	4.75	6.45
30/09/2020	5.15	5.55
1/10/2020	6.25	6.75
1/10/2020	5.35	7.05
2/10/2020	6.30	4.85
2/10/2020	4.80	6.65
3/10/2020	6.25	6.35
Total (Lt)	112.75	129.40
Promedio (Lt)	9.40	10.78

Fuente: Elaboración Propia

La tabla 11 esquematiza los datos registrados en los formatos de medición correspondiente. En esta misma tabla se puede notar que

desde el día 21/09/20 al 03/10/20, se utilizó en promedio 9.08 Lt de aceite lubricante y 10.83 Lt de refrigerante.

### Prueba paramétrica de normalidad

Los datos de la tabla 11 fueron procesados en el software estadístico MiniTab Versión 19, con la finalidad de determinar la normalidad de estos, en primer lugar, se procesaron los datos del uso de aceite lubricante, y se obtuvo lo siguiente:

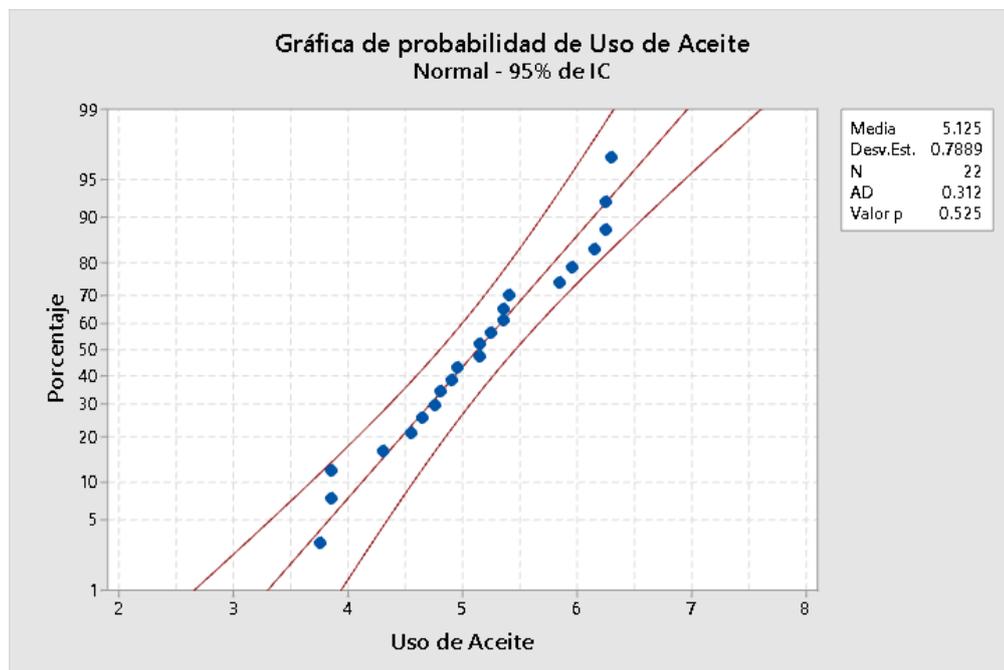


Figura 23  
Prueba de Normalidad del Uso de Aceite (Antes)  
Fuente: Elaboración Propia

Al aplicarse la prueba de normalidad Shapiro – Wilks, ya que contamos una muestra menor a 50 datos, se determinó que la muestra tomada se ajusta a una distribución normal, ya que el valor  $p > 0.05$  (en este caso el Valor p equivale a 0.525).

Seguidamente, se procesaron los datos del uso de refrigerante (de la misma tabla 11), y se obtuvo lo siguiente:

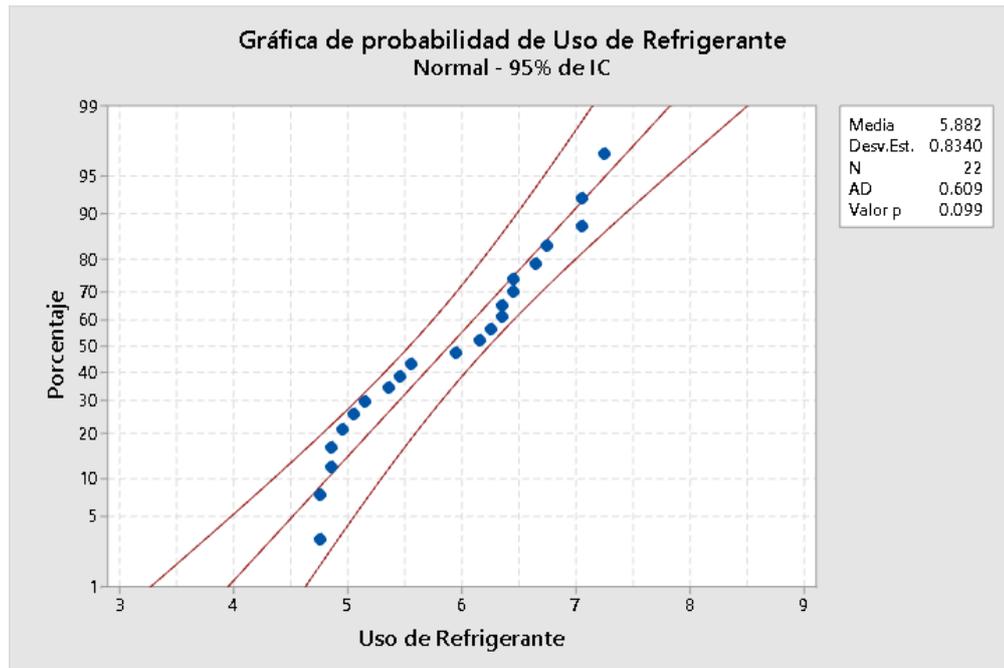


Figura 24  
 Prueba de Normalidad del Uso de Refrigerante (Antes)  
 Fuente: Elaboración Propia

Al aplicarse la prueba de normalidad Shapiro – Wilks, ya que contamos una muestra menor a 50 datos, se determinó que la muestra tomada se ajusta a una distribución normal, ya que el valor  $p > 0.05$  (en este caso el Valor p equivale a 0.099).

b) Consumo elevado de Energía eléctrica en el horno de recocido

Al observarse el proceso de recocido, se pudo notar que este proceso tarda en promedio entre 12 o 14 horas, esto se traduce en elevados costos por el uso de la energía eléctrica, tal como se detalló en la tabla N°3 donde se observó la cantidad en soles (S/) que invierte mensualmente la empresa. Asimismo, el recocido no está controlado de forma de óptima, ya que no está determinado el tiempo exacto que requiere el material que ingresa al horno para su adecuado tratamiento, sólo se basan en la experiencia y criterio para este proceso.

Para este proceso tomamos los tiempos de uso del horno, los cuales se reflejan en la siguiente tabla:

Tabla 12  
Toma de datos del Uso del Horno

Fecha	Uso del horno (Hrs.)	Uso del horno (min)
21/09/2020	12:45:00	765
22/09/2020	12:07:00	727
23/09/2020	11:14:00	674
24/09/2020	12:10:00	730
25/09/2020	11:03:00	663
26/09/2020	12:58:00	778
28/09/2020	12:53:00	773
29/09/2020	12:58:00	778
30/09/2020	13:08:00	788
1/10/2020	13:21:00	801
2/10/2020	12:35:00	755
3/10/2020	13:35:00	815
	Total (min)	9047
	Promedio (min)	754

Fuente: Elaboración Propia

La tabla 12 esquematiza los datos registrados en el formato de medición correspondiente. En esta misma tabla se puede notar que desde el día 21/09/20 al 03/10/20, se utilizó el horno unos 754 min (equivalente a unas 12 horas y 30 minutos aproximadamente) en promedio y en total durante este periodo el horno se utilizó un total de 9047 minutos (equivalente a unas 150 horas con 45 minutos aproximadamente).

#### Prueba paramétrica de normalidad

Los datos de la tabla 12 fueron procesados en el software estadístico MiniTab Versión 19, con la finalidad de determinar la normalidad de estos y se obtuvo lo siguiente:

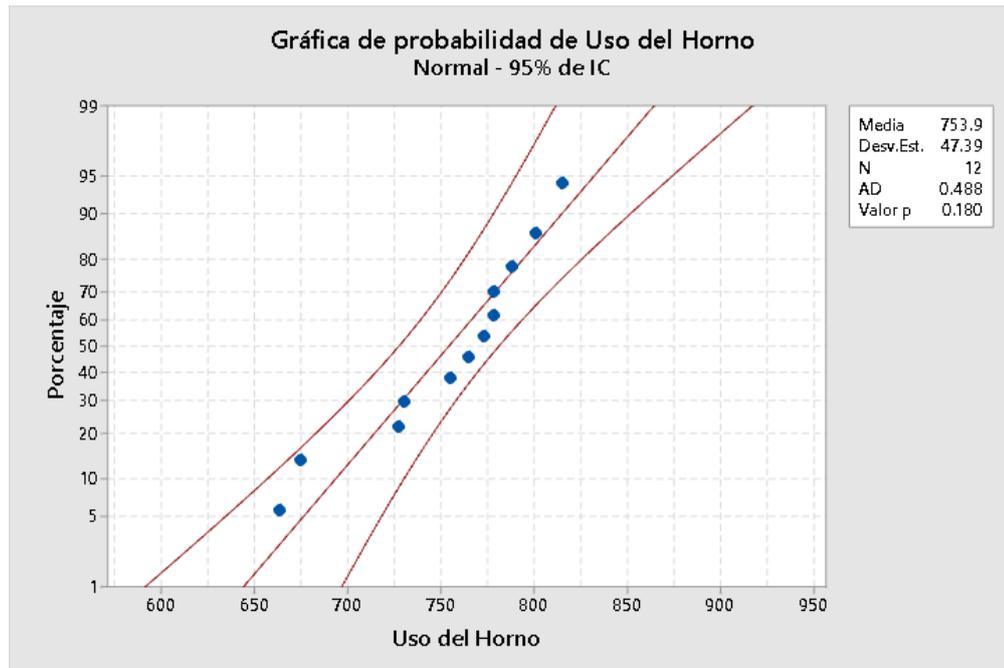


Figura 25  
 Prueba de Normalidad del Uso del horno  
 Fuente: Elaboración Propia

Al aplicarse la prueba de normalidad Shapiro – Wilks, ya que contamos una muestra menor a 50 datos, se determinó que la muestra tomada se ajusta a una distribución normal, ya que el valor  $p > 0.05$  (en este caso el Valor p equivale a 0.180).

c) Presencia de tiempos muertos en el proceso de discado

Al observar el proceso de discado, se identificó que el tiempo de calibración de la discadora para las diferentes medidas, es muy variable debido a que el mismo operario debe tomar medidas utilizando con un flexómetro para ajustar el radio de corte de la discadora.

Para este proceso tomamos los tiempos de discado, los cuales se reflejan en la siguiente tabla:

Tabla 13  
Toma de datos de Tiempo de Discado

Día	Tiempo de discado (Min)
21/09/2020	113
21/09/2020	157
22/09/2020	106
22/09/2020	142
23/09/2020	144
23/09/2020	154
24/09/2020	136
24/09/2020	167
25/09/2020	131
25/09/2020	157
26/09/2020	128
28/09/2020	138
28/09/2020	147
29/09/2020	135
29/09/2020	153
30/09/2020	137
30/09/2020	142
1/10/2020	136
1/10/2020	159
2/10/2020	155
2/10/2020	146
3/10/2020	114
Total (min)	3097
Promedio (min)	140.77

Fuente: Elaboración Propia

La tabla 13 esquematiza los datos registrados en los formatos de medición correspondiente. En esta misma tabla se puede notar que desde el día 21/09/20 al 03/10/20, la discadora se utilizó en total por 3097 minutos y en promedio por dicho periodo unos 140 minutos.

### Prueba paramétrica de normalidad

Los datos de la tabla 13 fueron procesados en el software estadístico MiniTab Versión 19, con la finalidad de determinar la normalidad de estos y se obtuvo lo siguiente:

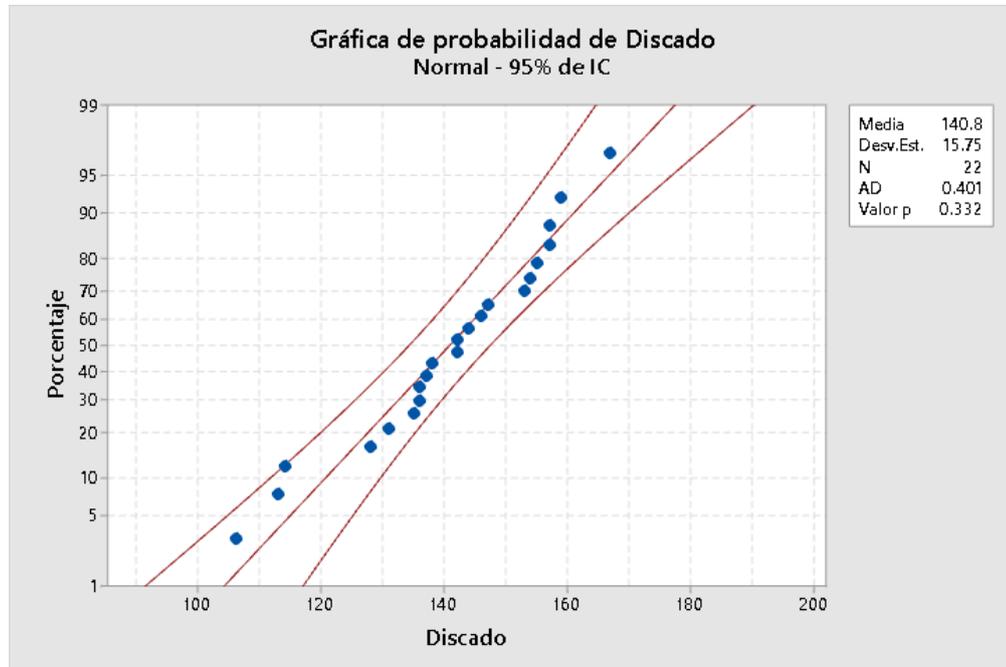


Figura 26  
Prueba de Normalidad del tiempo de Discado  
Fuente: Elaboración Propia

Al aplicarse la prueba de normalidad Shapiro – Wilks, ya que contamos una muestra menor a 50 datos, se determinó que la muestra tomada se ajusta a una distribución normal, ya que el valor  $p > 0.05$  (en este caso el Valor p equivale a 0.332).

### 5.1.3 Propuestas de mejora

#### 5.1.3.1 Aplicación del Poka Yoke

Se planteó el uso de un dispositivo Poka Yoke (a pruebas de errores), para el proceso de laminado, específicamente para racionalizar el uso de aceite lubricante y refrigerante, para esto se hizo un cálculo inicial, el cual se detalla a continuación:

- La meta es usar no más de un barril de aceite y refrigerante por mes.
- Un barril de estos insumos posee alrededor de 55 galones o 208 litros.
- Según la toma de datos y la tabla N° 11, se parecía que el uso es desmedido en estos insumos, consumiendo en 13 días más de la mitad de cada uno de estos barriles.
- Para los fines de esta mejora la cantidad óptima de uso responde a lo siguiente:
  - Condiciones de compra al proveedor, ya que la compra mínima de estos insumos siempre es de un barril, no menos.
  - Condiciones de uso de los insumos, se puede reutilizar el aceite o refrigerante, pero eso no garantiza un buen resultado final de los productos y asimismo afecta a la vida útil del equipo.
- Tomando nuevamente de referencia la tabla N° 11, los consumos diarios en promedio para el aceite y refrigerante son, 9.40 litros y 10.78 litros respectivamente.
- El cálculo para el uso óptimo se planteó a de la siguiente forma:
  - 1 cilindro = 55 galones
  - 55 galones es aproximadamente 208 litros
  - Con 4 semanas por mes de trabajo se debería un promedio de 52 litros por semana.
  - Y por 6 días a la semana se debería usar en promedio 8.67 litros
  - Esquematizando estos datos se armó un gráfico para el uso de los mencionados insumos:

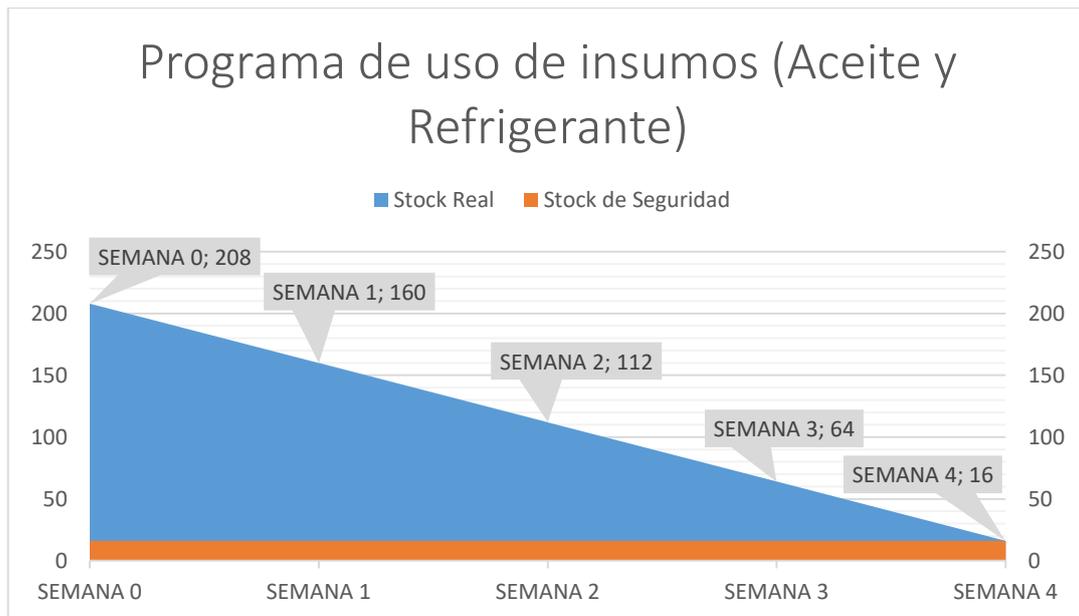


Figura 27  
Programa de uso de insumos  
Fuente: Elaboración Propia

- El plan presentado en el gráfico es de utilizar una medida exacta por día y por ende por cada semana, utilizando 48 litros de insumos por semana, manteniendo un ligero stock de seguridad de 16 litros, a fin de atender cualquier posible contingencia.
- Para lograr esto, se planteó el uso de un dispositivo Poka Yoke, el cual es bastante sencillo, este se trata de unos dispensadores de capacidad establecida de un (01) litro, estos serán llenados periódicamente a fin de tener las cantidades previstas de uso para cada día, la idea es recargar la máquina con un (01) litro de insumos por cada hora a lo largo del día.

#### 5.1.3.2 Aplicación de la Estandarización

Se planteó la aplicación de la Estandarización para la mejora del proceso de recocido, esta mejora girará en torno a los conceptos del Tiempo de ciclo y la estandarización del proceso para un mejor control, se realizó de la siguiente manera:

##### Determinación del Tiempo de ciclo (Real)

Tomando los datos obtenidos del tiempo de recocido de los días 21/09 al 25/09, se tiene lo siguiente:

Tabla 14  
Determinación del tiempo de ciclo (actual)

Fecha	Producción (Kg)	Producción (Tn)	Tiempo de recocido (Hrs)	Tiempo de ciclo (Hrs / Tn)
21/09/2020	2115	2.115	12.75	6.028
22/09/2020	1960	1.960	12.12	6.184
23/09/2020	2175	2.175	11.23	5.163
24/09/2020	2037	2.037	12.17	5.974
25/09/2020	2076	2.076	11.05	5.323
Total	10363	10.363	59.32	5.724

Fuente: Elaboración Propia

De la tabla anterior podemos notar que, en promedio el tiempo de ciclo para 10 toneladas (10363 kg. Aproximadamente) de planchas de aluminio, es de 5.72 Hrs/Tn. Para mejorar este tiempo y poder reducirlo, se propuso lo siguiente:

- Control del material de entrada

La operación actual de recocido carece de organización de la materia prima de ingreso, en este caso las planchas de aluminio provenientes del proceso de laminado anterior, estas no están identificadas correctamente, por lo que los operarios sólo cargan el horno sin tener en cuenta la capacidad de este, generando confusión al momento de descarga (retiro) del material.

Se propone identificar los carros de horneado mediante números, seguido de esto se realizará un checklist para identificar qué cantidad y qué número de pedido se cargó en cada carro. (Ver Anexo 10)

- Organización de la carga para el recocido

Para esto es importante mencionar que la generación del calor en el horno, va de arriba hacia abajo, ya que el sistema de ventilación se ubica en la parte superior de este. Bajo esta premisa los operarios encargados de cargar el horno deben asegurar:

- Que las planchas de aluminio con mayor espesor deben colocarse en la parte superior de los carros de horneado.
- Deben señalar con ayuda de una plancha de aluminio pequeña el número de pedido colocado en cada carro de horneado, con la finalidad de que, al momento de descargar los carros, se sepa de qué

número de pedido es cada material, para así agilizar el posterior apilado.

- Descarga y traslado de material a la zona de discado

Esta operación es un anexo y agregado al proceso de recocido, con la intención de apoyar a los operarios del siguiente proceso, el cual se detalla a continuación:

- o Los carros de horneado, al estar ya identificados y organizados dentro del horno (por pedido de cada cliente), salen de este al terminar el proceso, esperan un promedio de 30 minutos a que estos se enfríen y se apilan en parihuelas para llevar al proceso de discado.

La idea principal es la de agilizar las actividades del proceso, así como también tener un mejor control del mismo, quedando un proceso más ágil como se aprecia en la siguiente figura:

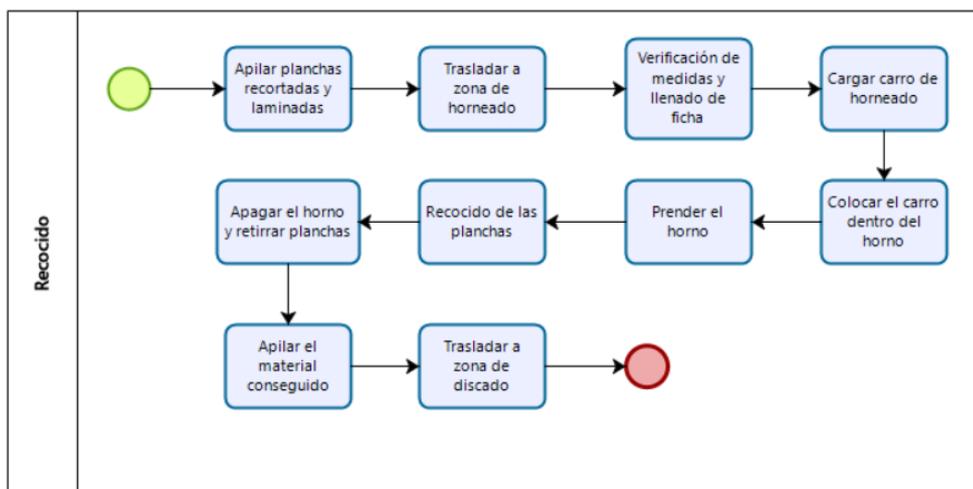


Figura 28  
Piloto para nuevo proceso de Recocido  
Fuente: Elaboración Propia

### 5.1.3.3 Aplicación del SMED para el proceso el Discado

Se planteó la aplicación de la herramienta SMED para la mejora del proceso de discado, para esto se siguieron las etapas siguientes:

- Etapa preliminar

Se solicitó el apoyo del operario de la máquina discadora y jefe de planta para el estudio de las actividades de este proceso, siendo este el equipo el equipo de trabajo conformado para la prueba piloto.

- Identificación de las operaciones

Se tuvo el acceso a algunas grabaciones hechas por las cámaras de vigilancia para la inspección y análisis de las actividades y operaciones del proceso, esto debido a la actual situación.

- Separación de operaciones internas y externa

Luego del análisis previo, se logró identificar las actividades internas que pasarían a ser externas, las cuales son:

- Traslado de material a la zona de trabajo con máquina apagada
- Calibración de la discadora con máquina apagada

- Conversión de operaciones internas a externa

Para lograr esto se realizará lo siguiente en cada una de estas actividades:

- El material ya descargado y apilado proveniente del proceso de recocido (previamente mejorado), el cual está separado e identificado de manera más adecuada, siendo la propuesta que un personal ajeno al proceso de discado se encargue de suministrar el material para así eliminar el transporte con máquina apagada del operario.
- Al notar que la calibración es una actividad clave en el proceso, ya que de esta sale el producto final que será entregado al cliente, se identificó que esta actividad se realiza con máquina apagada de forma reiterativa para que no represente un peligro para la integridad del operario, debido a que se utiliza un flexómetro (wincha), para realizar la medida (calibración) desde la cizalla hasta el centro del agarre del disco siendo. La propuesta es implementar un indicador de medidas colocado en la bancada de la máquina (parte inferior), con lo cual el operario ya no debería

de apagar la máquina para su calibración ni utilizar el flexómetro, sólo deberá calibrar según el indicador de medida necesario.

- Reducción de tiempos de las operaciones

Se solicitó y aprobó con el jefe de planta y el operario de la discadora la realización de la prueba piloto.

Se solicitó el apoyo de un personal adicional para cumplir con el traslado de material, al mismo tiempo se le explicó al operario cómo se realizaría el discado utilizando el indicador de medida.

Para una mejor visualización en la reducción de tiempos, se pueden apreciar las figuras

**Diagrama de Análisis del Proceso**

Proceso: Discado  
Anterior a la propuesta de Implementación del SMED



N°	DESCRIPCIÓN	Operación	Transporte	Inspección	Retraso	Almacenaje	Tipo de desperdicio	Tiempos en minutos y segundos	Tipo de actividad
0	Trasladar de material						Traslado	00:06:42	No agrega valor
1	Calibrar máquina apagada							00:05:50	Agrega valor
2	Inspeccionar calibrado							00:00:55	Agrega valor
3	Encender máquina							00:00:15	No agrega valor
4	Colocar material							00:03:35	Agrega valor
5	Discar							00:08:39	Agrega valor
6	Retirar Discos							00:01:47	Agrega valor
7	* Inspeccionar corte y medida							00:00:23	Agrega valor
8	Apilar discos						Almacenaje	00:01:17	No agrega valor
9	Apagar máquina							00:00:05	No agrega valor
10	Trasladar de material						Traslado	00:03:39	No agrega valor
11	Calibrar máquina apagada							00:04:29	Agrega valor
12	Inspeccionar calibrado							00:00:35	Agrega valor
13	Encender máquina							00:00:15	No agrega valor
14	Colocar material							00:02:39	Agrega valor
15	Discar							00:07:58	Agrega valor
16	Retirar Discos							00:01:17	Agrega valor
17	* Inspeccionar corte y medida							00:00:17	Agrega valor
18	Apilar discos						Almacenaje	00:01:57	No agrega valor
19	Apagar máquina							00:00:05	No agrega valor
RESUMEN	Cantidad								
	Tiempo total (horas, minutos, segundos)	00:33:00	00:10:21	00:06:04		00:03:14		0:52:39	
	Tiempo AV (horas, minutos, segundos)	00:32:20		00:06:04		00:03:14		0:41:38	
	Tiempo NV (horas, minutos, segundos)	00:00:40	00:10:21					0:11:01	

\* Sólo se revisa el primer disco obtenido del lote

Figura 29  
DAP Antes de la prueba Piloto  
Fuente: Elaboración Propia

Diagrama de Análisis del Proceso

Proceso: Discado  
 Posterior a la propuesta de Implementación del SMED



N°	DESCRIPCIÓN	Operación	Transporte	Inspección	Retraso	Almacenaje	Tipo de desperdicio	Tiempo en minutos y segundos	Tipo de actividad
1	Encender máquina	●						00:00:15	Agrega valor
2	Calibrar e inspeccionar	●		■				00:03:47	Agrega valor
3	Colocar y discar material	●						00:10:42	Agrega valor
4	Retirar e inspeccionar*	●		■				00:02:03	Agrega valor
5	Apilar discos	●						00:01:05	Agrega valor
6	Calibrar e inspeccionar	●		■				00:03:39	Agrega valor
7	Colocar y discar material	●						00:09:31	Agrega valor
8	Retirar e inspeccionar*	●		■				00:01:13	Agrega valor
9	Apilar discos	●						00:00:37	Agrega valor
10	Apagar máquina	●						00:00:05	Agrega valor
11	Retirar discos		→					00:01:47	No agrega valor
RESUMEN	Cantidad								
	Tiempo total (horas, minutos, segundos)	00:22:35	00:01:47	00:10:42				0:35:04	
	Tiempo AV (horas, minutos, segundos)							0:00:00	
	Tiempo NV (horas, minutos, segundos)		00:01:47					0:01:47	

\* Sólo se revisa el primer disco obtenido del lote

Figura 30  
 DAP Después de la prueba Piloto  
 Fuente: Elaboración Propia

## 5.2 Análisis de resultados para la contrastación de la hipótesis

### 5.2.1 Resultados de la aplicación del Poka Yoke

Se realizó una toma de datos durante la ejecución del plan piloto en los tres procesos (laminado, recocido y discado), tomando así nuevos datos. Empezaremos mostrando los datos obtenidos en el proceso de laminado utilizando el dispositivo Poka Yoke:

Tabla 15  
Toma de datos del consumo de insumos (después)

Día	Aceite (Lt)	Refrigerante (Lt)
12/10/2020	4.14	4.14
12/10/2020	4.08	4.01
13/10/2020	4.01	4.10
13/10/2020	4.05	4.02
14/10/2020	4.14	4.06
14/10/2020	4.04	4.08
15/10/2020	4.04	4.07
15/10/2020	4.05	4.11
16/10/2020	4.09	4.14
16/10/2020	4.09	4.06
17/10/2020	4.08	4.04
19/10/2020	4.09	4.08
19/10/2020	4.11	4.06
20/10/2020	4.03	4.12
20/10/2020	4.02	4.09
21/10/2020	4.01	4.15
21/10/2020	4.13	4.04
22/10/2020	4.15	4.12
22/10/2020	4.02	4.05
23/10/2020	4.00	4.12
23/10/2020	4.02	4.02
24/10/2020	4.12	4.14
Total (Lt)	89.51	89.82
Promedio (Lt)	7.46	7.49

Fuente: Elaboración Propia

La tabla 15 esquematiza los datos registrados en los formatos de medición N°1, estos datos se tomaron durante la ejecución del plan piloto para el uso eficiente de insumos como aceite y refrigerante.

### Prueba paramétrica de normalidad

Los datos de la tabla 15 fueron procesados en el software estadístico MiniTab Versión 19, con la finalidad de determinar la normalidad de estos, en primer lugar, se procesaron los datos del uso de aceite lubricante, y se obtuvo lo siguiente:

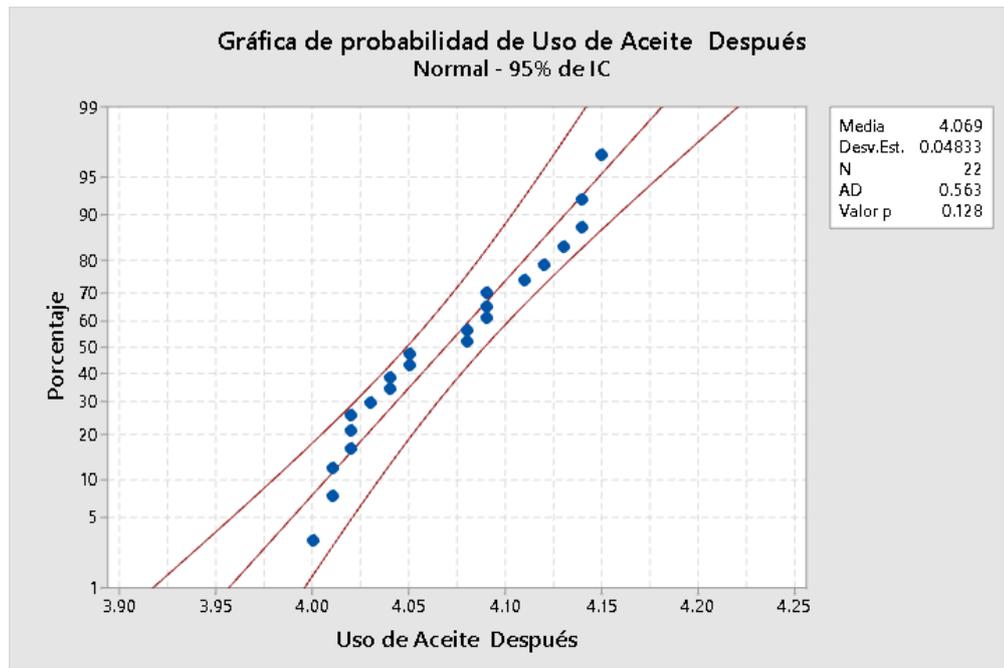


Figura 31  
Prueba de Normalidad del Uso de Aceite (Después)  
Fuente: Elaboración Propia

Al aplicarse la prueba de normalidad Shapiro – Wilks, ya que contamos una muestra menor a 50 datos, se determinó que la muestra tomada se ajusta a una distribución normal, ya que el valor  $p > 0.05$  (en este caso el Valor p equivale a 0.128).

Seguidamente, se procesaron los datos del uso de refrigerante (de la misma tabla 15), y se obtuvo lo siguiente:

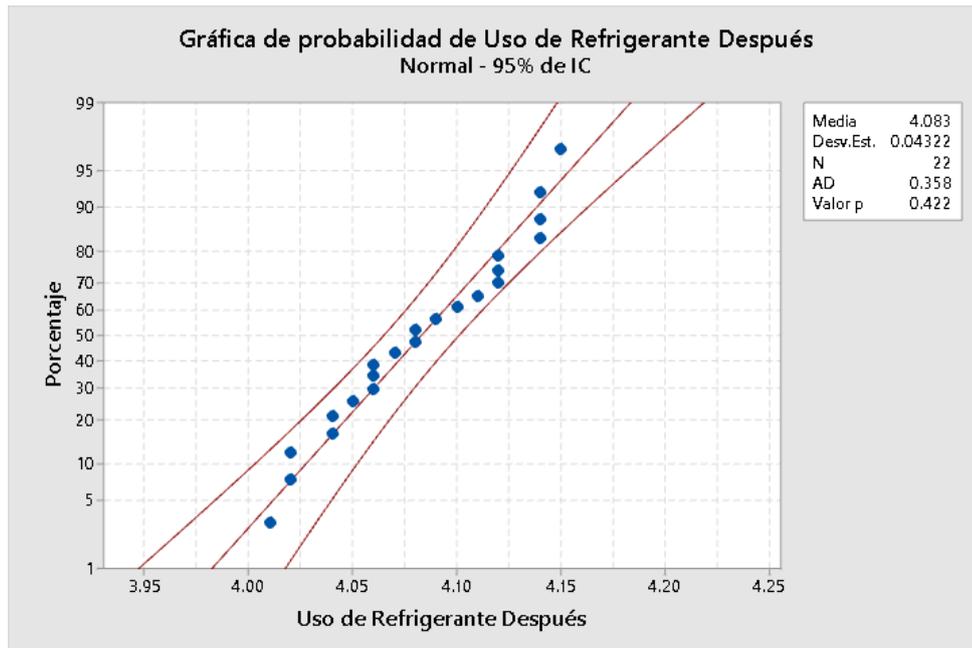


Figura 32  
Prueba de Normalidad del Uso de Refrigerante (Después)  
Fuente: Elaboración Propia

Al aplicarse la prueba de normalidad Shapiro – Wilks, ya que contamos una muestra menor a 50 datos, se determinó que la muestra tomada se ajusta a una distribución normal, ya que el valor  $p > 0.05$  (en este caso el Valor p equivale a 0.422).

A continuación, se muestra la tabla 16, en la cual se observa lo siguiente:

Tabla 16  
Comparación en el uso de insumos

N° Día	Aceite (Lt) - Antes	Aceite (Lt) - Después	Refrigerante (Lt) - Antes	Refrigerante (Lt) - Después
Día 1	3.85	4.14	4.85	4.14
Día 2	4.30	4.08	4.85	4.01
Día 3	3.75	4.01	5.35	4.10
Día 4	4.55	4.05	5.45	4.02
Día 5	4.65	4.14	5.05	4.06
Día 6	4.90	4.04	4.95	4.08
Día 7	3.85	4.04	4.75	4.07
Día 8	4.95	4.05	6.45	4.11
Día 9	5.15	4.09	5.15	4.14
Día 10	5.35	4.09	4.75	4.06
Día 11	5.40	4.08	5.95	4.04
Día 12	5.25	4.09	7.25	4.08
Día 13	5.95	4.11	6.35	4.06
Día 14	5.85	4.03	6.15	4.12
Día 15	6.15	4.02	7.05	4.09
Día 16	4.75	4.01	6.45	4.15
Día 17	5.15	4.13	5.55	4.04
Día 18	6.25	4.15	6.75	4.12
Día 19	5.35	4.02	7.05	4.05
Día 20	6.30	4.00	4.85	4.12
Día 21	4.80	4.02	6.65	4.02
Día 22	6.25	4.12	6.35	4.14
Total (Lt)	112.75	89.51	128.00	89.82
Promedio (Lt)	9.40	7.46	10.67	7.49

Fuente: Elaboración Propia

Puede observarse en la tabla 16 que, en la ejecución del plan piloto para el uso de insumos en el proceso de laminado, se mejoró el uso tanto del aceite como el refrigerante, para el caso del aceite se redujo el uso de este en promedio 1.94 lt (equivalente 20.63% de uso original) y para el caso del refrigerante el uso de este se redujo en promedio 3.18 lt (equivalente a un 29.80% del uso original)

### 5.2.1.1 Prueba de Hipótesis 1 – Proceso de Laminado

#### Hipótesis específica 1

Mediante la implementación de la Herramienta Poka Yoke, se reducirá el Consumo de Insumos en el proceso de laminación en la empresa laminadora.

#### Planteamiento de Hipótesis 1

$H_0$ : Mediante la implementación de la Herramienta Poka Yoke, no se reducirá el Consumo de Insumos en el proceso de laminación en la empresa laminadora.

$H_1$ : Mediante la implementación de la Herramienta Poka Yoke, se reducirá el Consumo de Insumos en el proceso de laminación en la empresa laminadora.

Planteadas las hipótesis nula y alterna (0 y 1 respectivamente) utilizaremos el paquete estadístico MiniTab 17, con ayuda de la herramienta prueba t para dos muestras, de los datos esquematizados en la tabla 16 se obtiene los siguiente:

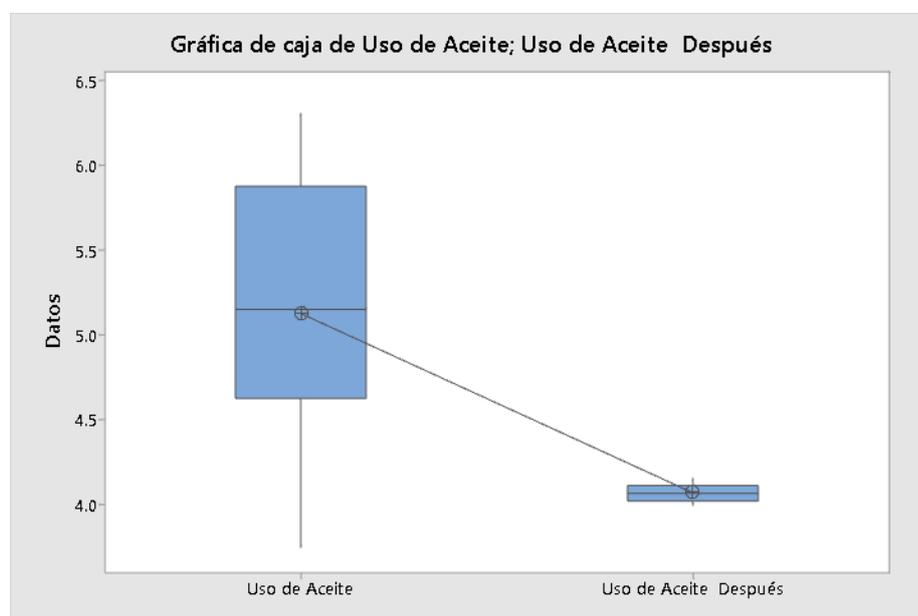


Figura 33  
Comparación en las medias del Antes y Después (Uso de Aceite)  
Fuente: Elaboración Propia

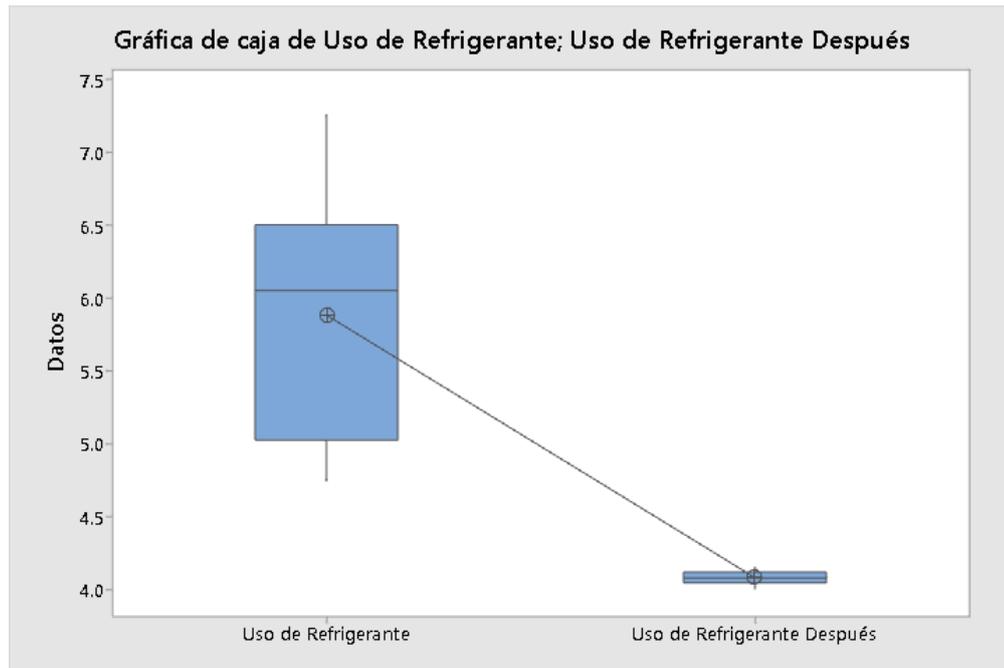


Figura 34  
 Comparación en las medias del Antes y Después (Uso de Refrigerante)  
 Fuente: Elaboración Propia

De los gráficos anteriores podemos apreciar cómo es que varían las medias en ambos escenarios (antes y después) notándose una disminución en el uso de aceite y refrigerante durante la ejecución del plan piloto. Seguido de esto obtenemos las siguientes figuras:

<b>Estadísticas descriptivas</b>				
<b>Muestra</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Desv.Est.</b>	<b>Error estándar de la media</b>
Uso de Aceite	22	5.125	0.789	0.17
Uso de Aceite Después	22	4.0686	0.0483	0.010

<b>Prueba</b>		
Hipótesis nula	$H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$	
Hipótesis alterna	$H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$	
<b>Valor T</b>	<b>GL</b>	<b>Valor p</b>
6.27	21	0.000

Figura 35  
 Prueba de Hipótesis 1 (Uso de aceite)  
 Fuente: Elaboración Propia

<b>Estadísticas descriptivas</b>				
<b>Muestra</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Desv.Est.</b>	<b>Error estándar de la media</b>
Uso de Refriquerante	22	5.882	0.834	0.18
Uso de Refriquerante Después	22	4.0827	0.0432	0.0092

<b>Prueba</b>		
Hipótesis nula	$H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$	
Hipótesis alterna	$H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$	
<b>Valor T</b>	<b>GL</b>	<b>Valor p</b>
10.10	21	0.000

Figura 36  
 Prueba de Hipótesis 1 (Uso de refrigerante)  
 Fuente: Elaboración Propia

De la figura 35 y la figura 36, podemos observar el siguiente dato para ambos casos:

Valor p = 0.000

Este dato nos permite afirmar lo siguiente:

Comprobación de Hipótesis específica 1:

Luego de observar las figuras 35 y 36, al observar que el valor p es 0.000 (< que 0.05) podemos rechazar la hipótesis nula ( $H_0$ ), aceptando así la hipótesis alterna ( $H_1$ ), la cual indica que, mediante la implementación de la Herramienta Poka Yoke, se reducirá el Consumo de Insumos en el proceso de laminación en la empresa laminadora.

### 5.2.2 Resultados de la aplicación de la Estandarización

Empezaremos mostrando los datos obtenidos en el proceso de recocido luego de aplicar en el plan piloto la técnica de estandarización:

Tabla 17

Toma de datos del uso del horno (después)

Fecha	Uso del horno (Hrs.)	Uso del horno (min)
12/10/2020	11:42:00	667
13/10/2020	12:23:00	708
14/10/2020	10:26:00	591
15/10/2020	11:40:00	665
16/10/2020	11:49:00	674
17/10/2020	12:40:00	725
18/10/2020	12:45:00	730
19/10/2020	12:51:00	736
20/10/2020	13:07:00	752
21/10/2020	13:18:00	763
22/10/2020	13:05:00	750
23/10/2020	13:23:00	768
	Total (min)	8529
	Promedio (min)	711

Fuente: Elaboración Propia

La tabla 17 esquematiza los datos registrados en los formatos de medición N°2, estos datos se tomaron durante la ejecución del plan piloto estandarizando el uso del horno en el proceso de recocido.

#### Prueba paramétrica de normalidad

Los datos de la tabla 17 fueron procesados en el software estadístico MiniTab Versión 19, con la finalidad de determinar la normalidad de estos y se obtuvo lo siguiente:

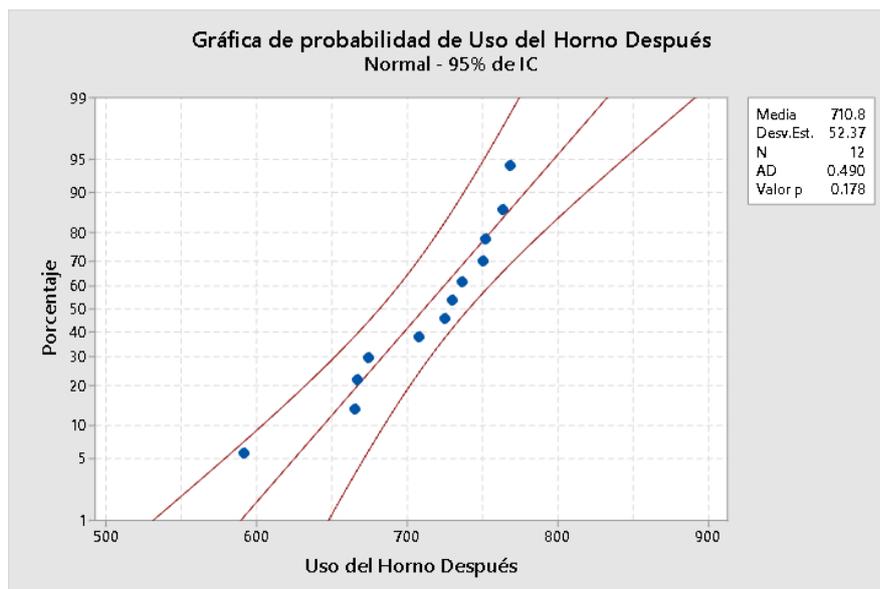


Figura 37  
Prueba de Normalidad del Uso del horno (Después)  
Fuente: Elaboración Propia

Al aplicarse la prueba de normalidad Shapiro – Wilks, ya que contamos una muestra menor a 50 datos, se determinó que la muestra tomada se ajusta a una distribución normal, ya que el valor  $p > 0.05$  (en este caso el Valor p equivale a 0.178).

A continuación, se muestra la tabla 18, en la cual se observa lo siguiente:

Tabla 18  
Comparación en el uso del horno

Fecha	Uso del horno - Antes (min)	Uso del horno - Después (min)
12/10/2020	765	667
13/10/2020	727	708
14/10/2020	674	591
15/10/2020	730	665
16/10/2020	663	674
17/10/2020	778	725
18/10/2020	773	730
19/10/2020	778	736
20/10/2020	788	752
21/10/2020	801	763
22/10/2020	755	750
23/10/2020	815	768
Total (min)	9047	8529
Promedio (min)	754	711

Fuente: Elaboración Propia

Puede observarse en la tabla 18 que, en la ejecución del plan piloto en la estandarización del uso del horno de recocido, se mejoró el uso de este un promedio de 43 minutos al día (equivalente a un 5.73 % del promedio inicial antes el plan piloto).

#### 5.2.2.1 Prueba de Hipótesis 1 – Proceso de Recocido

##### Hipótesis específica 2

Mediante la implementación de un Estandarización del trabajo se reducirán los Costos en el proceso de recocido de los discos de aluminio en la empresa laminadora.

##### Planteamiento de Hipótesis 1

$H_0$ : Mediante la implementación de un Estandarización del trabajo no se reducirán los Costos en el proceso de recocido de los discos de aluminio en la empresa laminadora.

$H_1$ : Mediante la implementación de un Estandarización del trabajo no se reducirán los Costos en el proceso de recocido de los discos de aluminio en la empresa laminadora

Planteadas las hipótesis nula y alterna (0 y 1 respectivamente) utilizaremos el paquete estadístico MiniTab 17, con ayuda de la herramienta prueba t para dos muestras, de los datos esquematizados en la tabla 18 se obtiene los siguiente:

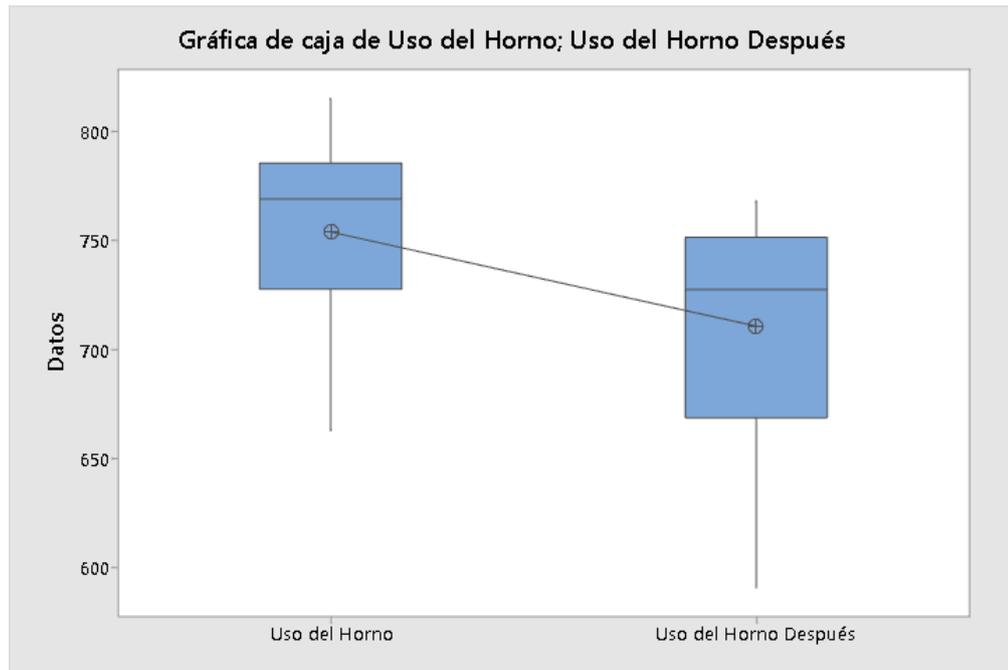


Figura 38  
 Comparación en las medias del Antes y Después (Uso del Horno)  
 Fuente: Elaboración Propia

De la figura 38, podemos apreciar cómo es que varían las medias en ambos escenarios (antes y después) notándose una disminución en el uso del horno de recocido durante la ejecución del plan piloto. Seguido de esto obtenemos la siguiente figura:

<b>Estadísticas descriptivas</b>				
<b>Muestra</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Desv.Est.</b>	<b>Error estándar de la media</b>
Uso del Horno	12	753.9	47.4	14
Uso del Horno Después	12	710.8	52.4	15

<b>Prueba</b>				
Hipótesis nula	$H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$			
Hipótesis alterna	$H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$			
<b>Valor T</b>	<b>GL</b>	<b>Valor p</b>		
2.12	21	0.046		

Figura 39  
 Prueba de Hipótesis 1 (Uso del Horno)  
 Fuente: Elaboración Propia

De la figura anterior podemos observar el siguiente dato:

Valor  $p = 0.046$

Este dato nos permite afirmar lo siguiente:

Comprobación de Hipótesis específica 1:

De la figura 39, al observar que el valor  $p$  es  $0.000 (< \text{que } 0.05)$  podemos rechazar la hipótesis nula ( $H_0$ ), aceptando así la hipótesis alterna ( $H_1$ ), la cual indica que, mediante la implementación de un Estandarización del trabajo se reducirán los Costos en el proceso de recocido de los discos de aluminio en la empresa laminadora.

### 5.2.3 Resultados de la aplicación del SMED

Empezaremos mostrando los datos obtenidos en el proceso de discado luego de aplicar en el plan piloto la técnica del SMED:

Tabla 19

Toma de datos del proceso de discado (después)

Día	Tiempo de discado (Min)
12/10/2020	85
12/10/2020	135
13/10/2020	88
13/10/2020	125
14/10/2020	122
14/10/2020	131
15/10/2020	107
15/10/2020	142
16/10/2020	121
16/10/2020	145
17/10/2020	104
19/10/2020	106
19/10/2020	123
20/10/2020	110
20/10/2020	125
21/10/2020	109
21/10/2020	114
22/10/2020	112
22/10/2020	132
23/10/2020	132
23/10/2020	122
24/10/2020	106
Total (min)	2596
Promedio (min)	118.00

Fuente: Elaboración Propia

La tabla 19 esquematiza los datos registrados en los formatos de medición N°3, estos datos se tomaron durante la ejecución del plan piloto utilizando la técnica del SMED en el proceso de discado.

#### Prueba paramétrica de normalidad

Los datos de la tabla 19 fueron procesados en el software estadístico MiniTab Versión 19, con la finalidad de determinar la normalidad de estos y se obtuvo lo siguiente:

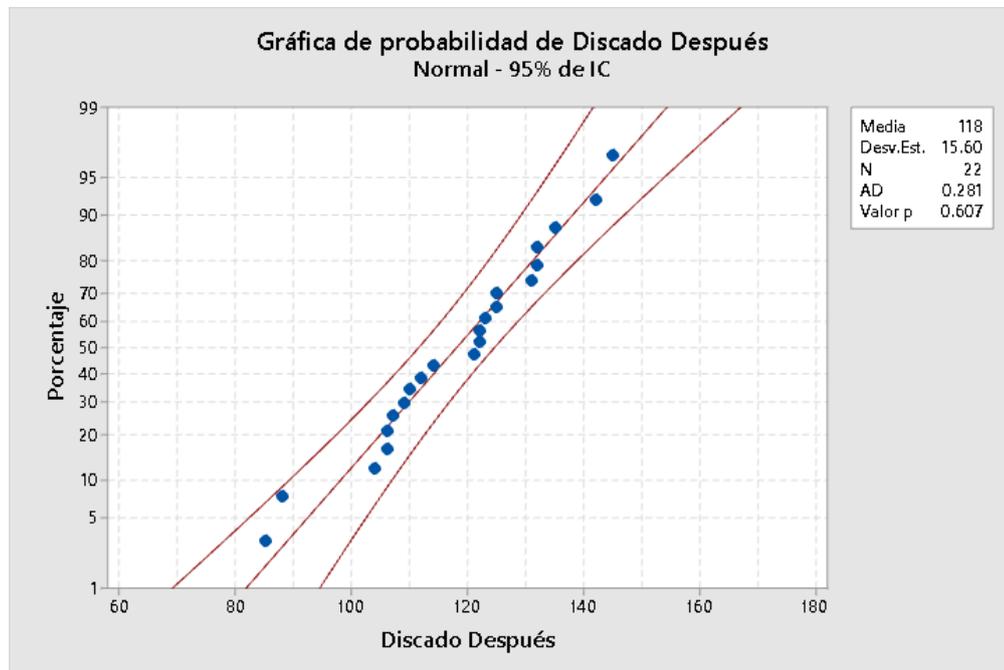


Figura 40  
Prueba de Normalidad del Proceso de discado (Después)  
Fuente: Elaboración Propia

Al aplicarse la prueba de normalidad Shapiro – Wilks, ya que contamos una muestra menor a 50 datos, se determinó que la muestra tomada se ajusta a una distribución normal, ya que el valor  $p > 0.05$  (en este caso el Valor p equivale a 0.607).

A continuación, se muestra la tabla 19, en la cual se observa lo siguiente:

Tabla 20

Comparación en el proceso de discado

Día	Tiempo de discado - Antes (Min)	Tiempo de discado - Después (Min)
12/10/2020	113	85
12/10/2020	157	135
13/10/2020	106	88
13/10/2020	142	125
14/10/2020	144	122
14/10/2020	154	131
15/10/2020	136	107
15/10/2020	167	142
16/10/2020	131	121
16/10/2020	157	145
17/10/2020	128	104
19/10/2020	138	106
19/10/2020	147	123
20/10/2020	135	110
20/10/2020	153	125
21/10/2020	137	109
21/10/2020	142	114
22/10/2020	136	112
22/10/2020	159	132
23/10/2020	155	132
23/10/2020	146	122
24/10/2020	114	106
Total (min)	3097	2596
Promedio (min)	140.77	118.00

Fuente: Elaboración Propia

Puede observarse en la tabla 19 que, en la ejecución del plan piloto utilizando la herramienta SMED en el proceso de discado, se mejoró el tiempo del proceso en promedio 22 minutos (equivalente a un 16% del promedio inicial antes el plan piloto).

### 5.2.3.1 Prueba de Hipótesis 1 – Proceso de Discado

#### Hipótesis específica 3

Con la implementación de la Herramienta SMED se optimizará el Tiempo de Ciclo en el proceso de discado en la empresa laminadora.

#### Planteamiento de Hipótesis 1

$H_0$ : Con la implementación de la Herramienta SMED se no optimizará el Tiempo de Ciclo en el proceso de discado en la empresa laminadora.

$H_1$ : Con la implementación de la Herramienta SMED se optimizará el Tiempo de Ciclo en el proceso de discado en la empresa laminadora.

Planteadas las hipótesis nula y alterna (0 y 1 respectivamente) utilizaremos el paquete estadístico MiniTab 17, con ayuda de la herramienta prueba t para dos muestras, de los datos esquematizados en la tabla 19 se obtiene los siguiente:

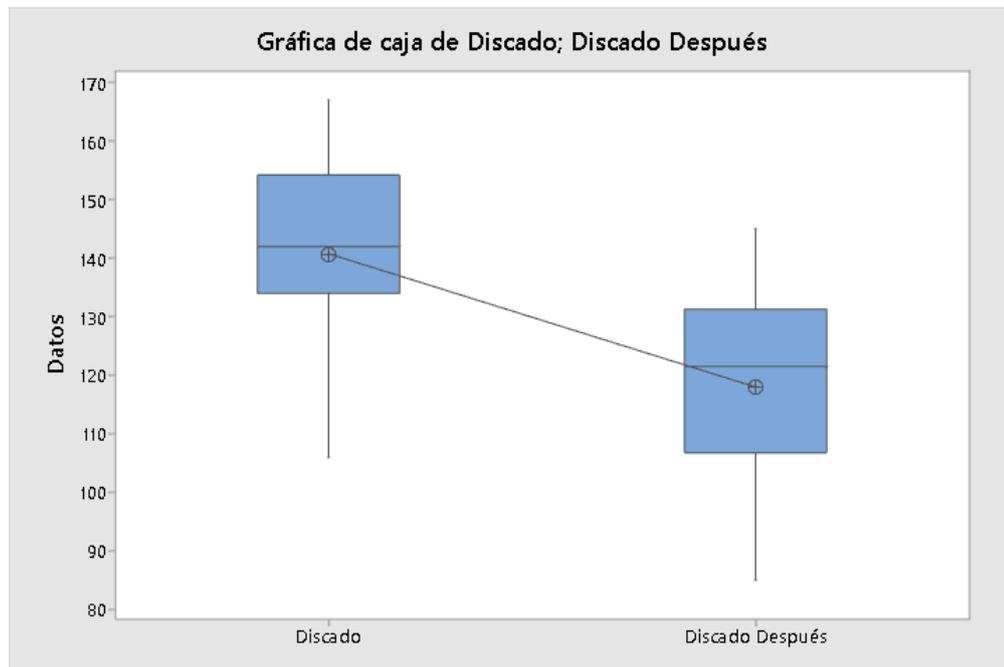


Figura 41  
Comparación en las medias del Antes y Después (Proceso de discado)  
Fuente: Elaboración Propia

De la figura anterior, podemos apreciar cómo es que varían las medias en ambos escenarios (antes y después) notándose una disminución en el tiempo del proceso de discado durante la ejecución del plan piloto. Seguido de esto obtenemos la siguiente figura:

<b>Estadísticas descriptivas</b>				
<b>Muestra</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Desv.Est.</b>	<b>Error estándar de la media</b>
Discado	22	140.8	15.8	3.4
Discado Después	22	118.0	15.6	3.3

<b>Prueba</b>		
Hipótesis nula	$H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$	
Hipótesis alterna	$H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$	
<b>Valor T</b>	<b>GL</b>	<b>Valor p</b>
4.82	41	0.000

Figura 42  
 Prueba de Hipótesis 1 (Proceso de discado)  
 Fuente: Elaboración Propia

De la figura anterior podemos observar el siguiente dato:

Valor p = 0.000

Este dato nos permite afirmar lo siguiente:

Comprobación de Hipótesis específica 1:

De la figura 42, al observar que el valor p es 0.000 (< que 0.05) podemos rechazar la hipótesis nula ( $H_0$ ), aceptando así la hipótesis alterna ( $H_1$ ), la cual indica que, con la implementación de la Herramienta SMED se optimizará el Tiempo de Ciclo en el proceso de discado en la empresa laminadora.

Previo a las conclusiones de la investigación, se presenta la tabla del resumen de nuestros resultados, mostrando el antes y el después del plan piloto.

Tabla 21  
Resumen de resultados

Proceso	Antes		Después		Variación
	OUT (S/)	IN (S/)	OUT (S/)	IN (S/)	
Laminado	-	1312.12	-	997.29	23.99%
Recocido	-	7238.95	-	6824.47	5.73%
Discado	-	361.32	-	302.87	16.18%
Producción	30796.80	-	30998.40	-	-
Productividad(OUT/IN)	3.46		3.82		9.43%

Fuente: Elaboración Propia

## CONCLUSIONES

1. Aplicando la metodología Lean Manufacturing se logró mejorar la productividad en la fabricación de discos de aluminio en una empresa laminadora en un 9.40 %, mediante la reducción del consumo de insumos en el proceso de laminación, la reducción de costos en el proceso de recocido y la optimización del tiempo de ciclo en el proceso de discado.
2. Aplicando la herramienta Poka Yoke se logró reducir el consumo de insumos utilizados en el proceso de laminado (aceite y refrigerantes), logrando una reducción del 24.00% aproximadamente. Mediante el seguimiento y control del consumo de estos por parte los operarios, utilizando la herramienta dosificadora.
3. Aplicando la estandarización del trabajo se logró reducir el uso del horno de recocido en un 5.73% al día, este valor representa un ahorro en consumo eléctrico de 15.87 días al año en el uso del horno. Mediante la organización de las actividades, la identificación y organización de los carros de horneado y la organización de la carga dentro del horno.
4. Aplicando la herramienta SMED se logró reducir el tiempo de ciclo para el proceso de discado en un 16%. Mediante la identificación de actividades que agregan y no agregan valor, organización de actividades y reducción de tiempo de actividades.

## RECOMENDACIONES

1. Se recomienda continuar con la implementación del Lean Manufacturing para la fabricación de discos de aluminio, documentando los procedimientos de cada puesto con el fin de continuar mejorando la productividad y llevar un mejor control de los procesos.
2. Se recomienda elaborar un registro de incidencias dentro del proceso de laminación, adicional o complementario al consumo de aceite y refrigerante con el fin de evitar errores que afecten a las dimensiones de las planchas, y por consecuencia a la utilización de insumos en este proceso.
3. Se recomienda implementar en los demás procesos de la empresa la estandarización del trabajo, con la finalidad de que los demás operarios conozcan el detalle de sus procesos y logren un ritmo estándar de trabajo.
4. Se recomienda capacitar a los operarios en el nuevo procedimiento de discado, con el fin de obtener un ritmo estándar de trabajo y equilibrar la carga de trabajo por cada operario del proceso de discado.

## BIBLIOGRAFÍA

- Arroyo Paredes, N. A. (2018). *Implementación de Lean Manufacturing para mejorar el sistema de producción en una empresa metalmecánica*. Lima.
- Chase, R., Jacobs, R., & Aquilano, N. (2009). *Administración de Operaciones Producción y Cadena de Suministros*. México.
- Engum, M. (2009). *Implementing Lean Manufacturing into Newspaper Production Operations*. New York.
- Feld, W. (2001). *Lean Manufacturing Tools, Techniques, and How To Use Them*. Florida, US: St. Lucie Press.
- Ferreira Hernández, J. L., & Natividad Herrera, L. P. (2019). *Propuesta de mejora de la productividad del área de flexibles de una empresa manufacturera de productos plásticos descartables mediante la metodología de Lean Manufacturing*. Lima.
- Heredia Sanchez, Y., & Heredia Sanchez, Y. L. (2017). *Aplicación de lean manufacturing para mejorar la productividad en la Empresa Industrias de Calzado Abbielf S.A.C*. Lima.
- Hernández Matías, J. C., & Vizán Idoipe, A. (2013). *Lean manufacturing Conceptos, técnicas e implantación*. Madrid.
- Hernández Sampieri, R. (2014). *Metodología de la Investigación 6ta Edición*. México D.F.: McGRAW-HILL.
- Kalpakjian, S., & Schmid, S. (2008). *Manufactura, Ingeniería y Tecnología*. México.
- Madariaga Nieto, F. (2013). *Lean manufacturing*. Bubok Publishing.
- Mariñas, C. D., & Vejarano Valqui, E. M. (2016). *Aplicación del sistema Lean Manufacturing en el incremento de la productividad en una empresa metal mecánica de producción de ollas de aluminio*. Lima.
- Mio Sandoval, F. M. (2017). *Aplicación Del Lean Manufacturing Para Mejorar La Productividad En La Empresa Almaksa S.A.C, Los Olivos*. Lima.
- Oficina Internacional del Trabajo (OIT). (1996). *Introducción al estudio del Trabajo*. Ginebra.
- Rajadell Carreras, M., & Sánchez García, J. L. (2010). *LEAN MANUFACTURING La evidencia de una necesidad*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos.
- Socconini, L. V. (2019). *Lean Manufacturing: paso a paso*. Madrid.

## ANEXOS

Anexo 01

### CARTA DE PRESENTACIÓN

Señor: Mg. Ing. MATEO LOPEZ, HUGO JULIO

Presente

Asunto: Validación de instrumento a través de juicio de experto.

Nos es grato comunicarnos con usted para expresarle nuestros saludos y, asimismo, hacer de su conocimiento que, conoedores de su trayectoria académica y/o profesional, molestamos su atención al elegirlo como JUEZ EXPERTO para revisar los tres instrumentos de medición que pretendemos utilizar en la investigación: “IMPLEMENTACIÓN DE LEAN MANUFACTURING PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN LA FABRICACIÓN DE DISCOS DE ALUMINIO EN UNA EMPRESA LAMINADORA”.

Los instrumentos de medición a validar son:

- “Ficha de observación para el Proceso de Laminado”  
Objetivo: Obtener información relacionada con la cantidad de insumos en un periodo de tiempo, utilizados durante el desarrollo del proceso de laminado, como por ejemplo refrigerantes y aceites.
- “Ficha de observación para el Proceso de Recocido”  
Objetivo: Obtener información relacionada con la cantidad de material (planchas de aluminio) y tiempo que se utiliza en el horno de recocido. Asimismo, se pretende observar las actividades relacionadas que se realizan en el proceso.
- “Ficha de observación para el Proceso de Discado”  
Objetivo: Obtener información relacionada con el tiempo en el cual un operario realiza la operación de discado. Asimismo, se pretende observar las actividades relacionadas que se realizan en el proceso.

El expediente de validación que le hacemos llegar contiene:

- Carta de presentación
- Tabla de conceptualización de las variables
- Tabla operacionalización de las variables
- Instrumento N°01 - Ficha de observación para el Proceso de Laminado
- Instrumento N°02 - Ficha de observación para el Proceso de Recocido
- Instrumento N°03 - Ficha de observación para el Proceso de Discado
- Ficha de Evaluación de los Instrumentos de Medición

Expresándole mis más sinceros sentimientos de respeto y consideración me despido de usted, no sin antes agradecerle por la atención que dispense a la presente.

Atentamente,

García Miñano Brian / Santos Mancha William

**Ficha de Evaluación de los Instrumentos de Medición**

Criterios de Evaluación

Indicadores de Evaluación del Instrumento	Criterios aplicables para la evaluación de cada Instrumento	Muy deficiente	Deficiente	Regular	Apropiado	Óptimo
		1	2	3	4	5
1. Claridad	El lenguaje utilizado en su elaboración permite un ágil entendimiento				4	
2. Objetivo	Permite obtener datos e información real y medible					5
3. Consistente	Guarda una relación lógica entre la Práctica y Teórica			3		
4. Coherente	Guarda relación con las variables del estudio				4	
5. Pertinente	Permite obtener respuestas realmente necesarias				4	
6. Suficiencia	Permite en si mismo obtener los datos necesarios				4	
Sumatorio Parcial		0	0	3	16	5
Promedio del Instrumento		4				

Resultados de la Evaluación: APROBADO

- Resultado Cuantitativo final: 24

- Opinión Cualitativa      **Apropiado**  
 El instrumento es óptimo (    )  
 El instrumento puede mejorar (    )  
 El instrumento es deficiente (    )

- Observaciones y Recomendaciones

Ninguno



- Juez Mg. Ing. Hugo Julio Mateo López  
 CIP 39514

## **CARTA DE PRESENTACIÓN**

Señor:

Ing. Abanto Silva, Edwin  
Gerente de Calidad Ascensores Andinos Ingenieros S.A.

Presente

Asunto: Validación de instrumento a través de juicio de experto.

Nos es grato comunicarnos con usted para expresarle nuestros saludos y, asimismo, hacer de su conocimiento que, conocedores de su trayectoria académica y/o profesional, molestamos su atención al elegirlo como JUEZ EXPERTO para revisar los tres instrumentos de medición que pretendemos utilizar en la investigación: "IMPLEMENTACIÓN DE LEAN MANUFACTURING PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN LA FABRICACIÓN DE DISCOS DE ALUMINIO EN UNA EMPRESA LAMINADORA".

Los instrumentos de medición a validar son:

- "Ficha de observación para el Proceso de Laminado"  
Objetivo: Obtener información relacionada con la cantidad de insumos en un periodo de tiempo, utilizados durante el desarrollo del proceso de laminado, como por ejemplo refrigerantes y aceites.
- "Ficha de observación para el Proceso de Recocido"  
Objetivo: Obtener información relacionada con la cantidad de material (planchas de aluminio) y tiempo que se utiliza en el horno de recocido. Asimismo, se pretende observar las actividades relacionadas que se realizan en el proceso.
- "Ficha de observación para el Proceso de Discado"  
Objetivo: Obtener información relacionada con el tiempo en el cual un operario realiza la operación de discado. Asimismo, se pretende observar las actividades relacionadas que se realizan en el proceso.

El expediente de validación que le hacemos llegar contiene:

- Carta de presentación
- Tabla de conceptualización de las variables
- Tabla operacionalización de las variables
- Instrumento N°01 - Ficha de observación para el Proceso de Laminado
- Instrumento N°02 - Ficha de observación para el Proceso de Recocido
- Instrumento N°03 - Ficha de observación para el Proceso de Discado
- Ficha de Evaluación de los Instrumentos de Medición

Expresándole nuestros más sinceros sentimientos de respeto y consideración nos despedimos de usted, no sin antes agradecerle por la atención que dispense a la presente.

Atentamente.

García Miñano Brian / Santos Mancha William

Anexo 04

**Ficha de Evaluación de los Instrumentos de Medición**

Criterios de Evaluación

Indicadores de Evaluación del Instrumento	Criterios aplicables para la evaluación de cada Instrumento	Muy deficiente	Deficiente	Regular	Apropiado	Óptimo
		1	2	3	4	5
1. Claridad	El lenguaje utilizado en su elaboración permite un ágil entendimiento				4	
2. Objetivo	Permite obtener datos e información real y medible				4	
3. Consistente	Guarda una relación lógica entre la Práctica y Teórica				4	
4. Coherente	Guarda relación con las variables del estudio				4	
5. Pertinente	Permite obtener respuestas realmente necesarias				4	
6. Suficiencia	Permiten los indicadores obtener los suficientes datos, tanto en cantidad como calidad				4	
Sumatoria Parcial		0	0	0	24	0
Promedio del Instrumento		4				

Resultados de la Evaluación

- Resultado Cuantitativo final: 4

- Opinión Cualitativa

El instrumento es óptimo ( )  
 El instrumento puede mejorar ( X)  
 El instrumento es deficiente ( )

- Observaciones y Recomendaciones

Considero que esta correcto, pero se podria adicionar el prensado de aluminio y considerar la siguiente secuencia:

- 1.- Laminado
- 2.- Discado
- 3.- Prensado
- 4.- Recocido

- Juez Ing. Edwin Abanto Silva

- Firma FIRMADO





Anexo 07

<b>Instrumento N°03 - Ficha de observación para el Proceso de Discado</b>				
Ficha N°:				
Fecha:				
Tesisistas:				
<b>Datos de la observación</b>				
Nro. Observación	Operario	Hora Inicio	Hora Fin	Cantidad de Discos (Kg.)
1				
<b>Proceso de Experimento</b>				
Detalle del proceso		Hora Inicio	Hora Fin	Duración (min.)
Se debe detallar el proceso de manera sencilla por cada actividad que se realizó)	Paso 1			0
	Paso 2			0
	Paso 3			0
	Paso 4			0
	Paso 5			0
	Paso 6			0
	Paso 7			0
	Paso 8			0
	Paso 9			0
	Paso 10			0
	Paso 11			0
	Paso 12			0
	Paso 13			0
	Paso 14			0
<b>Resultados del Experimento</b>				
Nro. Observación	Tiempo empleado (min.)			
1				
Operario	Cantidad de producto final obtenido (Kg.)			
Resultados de la observación				
* Nota: Se debe llenar el resultado de cada experimento de forma concisa				

Anexo 08

PEDIDO

FECHA: xxxxxxx

N° 000XXX

SEÑOR(ES): xxxxxxxxxxxxxx

CANT.	DESCRIPCIÓN	P. Unit	IMPORTE
1,488.50	Kg Placas Aluminio (240PL) 6.2 Kg	XXX	XXX
	60= 430 x 0.9		
	55= 380 x 0.8		
	30= 340 x 0.9		
	55= 320 x 0.9		
	20= 300 x 0.8		
	20= 250 x 1.5		

Anexo 09

**PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE LEAN MANUFACTURING PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN LA FABRICACIÓN DE DISCOS DE ALUMINIO EN UNA EMPRESA LAMINADORA**

<b>PROBLEMAS</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>HIPÓTESIS</b>	<b>VARIABLE INDEPENDIENTE</b>	<b>INDICADOR VI</b>	<b>VARIABLE DEPENDIENTE</b>	<b>INDICADOR VD</b>
<b>General</b>	<b>General</b>	<b>General</b>				
¿Cómo mejorar la Productividad de una empresa Laminadora mediante la propuesta de implementación de Lean Manufacturing en el proceso fabricación de discos de aluminio?	Implementar Lean Manufacturing en el proceso de fabricación de Discos De Aluminio para mejorar la Productividad de una empresa laminadora	Mediante la Propuesta Implementación de Lean Manufacturing en el proceso de fabricación de Discos De Aluminio se mejorará la Productividad de una empresa laminadora	Lean Manufacturing	Si/No	Productividad	Rendimiento de ventas (Soles Ganados / Soles Invertidos)
<b>Específicos</b>	<b>Específicos</b>	<b>Específicas</b>				
¿Cómo la implementación de la Herramienta Poka Yoke reducirá el consumo de Insumos en el proceso de laminación en la empresa laminadora?	Implementar la Herramienta Poka Yoke para reducir el Consumo de Insumos en el proceso de laminación en la empresa laminadora	Mediante la implementación de la Herramienta Poka Yoke, se reducirá el Consumo de Insumos en el proceso de laminación en la empresa laminadora	Herramienta Poka Yoke	Si/No	Consumo de Insumos	Productividad de recursos (Todo lo que sale del proceso (Soles) / Recursos usados (en Soles))
¿Cómo la implementación de la Estandarización del Trabajo reducirá los Costos en el proceso de recocido de los discos de aluminio en la empresa laminadora?	Implementar la Estandarización del trabajo para reducir los Costos en el proceso de recocido de las planchas y discos en la empresa laminadora	Mediante la implementación de la Estandarización del trabajo se reducirán los Costos en el proceso de recocido de los discos de aluminio en la empresa laminadora	Estandarización del Trabajo	Si/No	Costos	Consumo eléctrico mensual (Soles/Mes)
¿Cómo la implementación de la Herramienta SMED optimizará el tiempo de ciclo en el proceso de discado en la empresa laminadora?	Implementar la Herramienta SMED para optimizar el Tiempo de Ciclo en el proceso de discado en la empresa laminadora.	Con la implementación de la Herramienta SMED se optimizará el Tiempo de Ciclo en el proceso de discado en la empresa laminadora.	Herramienta SMED	Si/No	Tiempo de ciclo	Velocidad de discado (Min/Unid.)

Anexo 10

CONTROL DE INGRESO Y SALIDA DE MATERIAL - RECOCIDO

Responsable: \_\_\_\_\_

Fecha	N° pedido	N° Carro	Medida de plancha (mm)	Medida de disco (mm)	Peso (Kg.)	Ingreso	Salida

\* Sólo marcar ingreso o salida según corresponda

\* N° carro, colocar 1 o 2 según corresponda