

**UNIVERSIDAD RICARDO PALMA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**PROGRAMA DE TITULACIÓN POR TESIS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**



**APLICACIÓN DE MANUFACTURA ESBELTA PARA MEJORAR  
LA PRODUCTIVIDAD EN LA ELABORACIÓN DEL NÚCLEO DE  
TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN**

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

**PRESENTADA POR**

**Bach. GÓMEZ VELIZ, ANITA MARIBEL**  
**Bach. TIBURCIO PORRAS, TANIA YADIRA**

**ASESOR: Mg. MATEO LÓPEZ, HUGO JULIO**

**LIMA-PERÚ**

**2019**

## **DEDICATORIA**

Dedico esta tesis a mis padres Vicente Tiburcio y Tania Porras por forjar la persona que soy en la actualidad, apoyarme incondicionalmente y motivarme para cumplir con mis anhelos. Este logro es de ustedes.

Tania Yadira Tiburcio Porras

La presente tesis la dedico a mis padres Guillermo Gómez y Ana Veliz por el apoyo incondicional que me brindaron en el transcurso de cada año de mi vida universitaria. Este logro se los debo a ustedes.

Anita Maribel Gómez Veliz

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecemos a nuestros padres por brindarnos nuestra carrera profesional, ser nuestro apoyo y fortaleza en nuestras vidas.

Quiero expresar mi gratitud a mi alma mater, por brindarnos los valiosos conocimientos de nuestra carrera profesional.

Un agradecimiento especial a nuestro asesor Hugo Mateo López quien con su dirección, conocimiento, enseñanza y colaboración permitió el desarrollo de esta tesis.

Tania Tiburcio y Anita Gómez

# ÍNDICE GENERAL

RESUMEN .....	ix
ABSTRACT.....	x
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	2
1.1 Descripción y formulación del problema general y específico.....	2
1.1.1 Descripción del problema .....	2
1.1.2. Formulación del problema general y específicos.....	4
1.2. Objetivo general y específico.....	4
1.3. Delimitación de la investigación: temporal espacial y temática .....	5
1.4. Justificación e importancia.....	5
1.4.1 Justificación del estudio .....	5
1.4.2. Importancia del estudio .....	5
CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO.....	6
2.1. Antecedentes del estudio de investigación.....	6
2.2. Bases teóricas vinculada a la variable o variables de estudio .....	8
2.2.1. Manufactura Esbelta o Lean Manufacturing.....	8
2.2.1.1. Principios de la Manufactura Esbelta.....	9
2.2.1.2. Herramientas de Manufactura esbelta .....	12
2.2.1.3. Metodología de la implementación .....	18
2.2.2. Productividad .....	20
2.3. Definición de términos básicos .....	20
2.4. Hipótesis.....	21
2.4.1 Hipótesis General .....	21
2.4.2 Hipótesis secundarias .....	21
2.5. Variables .....	21
2.5.1. Definición conceptual de las variables.....	21
2.5.2. Operacionalización de las variables .....	22
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....	23
3.1. Tipo y nivel de la investigación .....	23
3.2. Diseño de la investigación .....	23

3.3. Población y muestra .....	23
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	24
3.4.1. Tipos de técnicas e instrumentos.....	24
3.4.2. Criterios de validez y confiabilidad de los instrumentos .....	24
3.4.3. Procedimientos para la recolección de datos .....	24
3.5. Técnicas para el procesamiento y análisis de la información .....	25
<b>CAPÍTULO IV: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA</b>	
<b>INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>26</b>
4.1 Diagnóstico y situación actual .....	26
4.1.1. Descripción de la empresa .....	26
4.1.2 Procesos de la línea de fabricación de transformadores de la empresa.....	27
4.1.3 Diagnóstico del área de producción .....	29
4.1.4 Proceso de elaboración de núcleo .....	33
4.2. Desarrollo del Plan Estratégico .....	37
4.3. Presentación de Resultados.....	45
4.3.1. Implementación de la herramienta SMED .....	45
4.3.1.1. Implementación de la herramienta SMED en el sub-proceso de pre- corte... 45	
4.3.1.2. Implementación de la herramienta SMED en el sub-proceso de corte .....	53
4.3.2. Implementación de la herramienta Mantenimiento Autónomo .....	57
4.3.3. Implementación de la herramienta trabajo estándar.....	61
4.4. Análisis de resultados.....	71
4.5. Análisis inferencial .....	77
4.5.1. Análisis de la primera hipótesis específica .....	77
4.5.2. Análisis de la segunda hipótesis específica.....	79
4.5.3. Análisis de la tercera hipótesis específica .....	83
4.5.4. Análisis de la hipótesis general .....	85
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>87</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>88</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>89</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>91</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Objetivos de las 5s .....	13
Tabla 2: Operacionalización de variables dependientes .....	22
Tabla 3: Técnicas e instrumentos de la investigación.....	24
Tabla 4: Tiempos estándares de los procesos de producción .....	29
Tabla 5: Porcentaje del nivel de cumplimiento de entrega .....	31
Tabla 6: Costos de nivel de incumplimiento de entrega .....	31
Tabla 7: Cuadro de costos de nivel de incumplimiento de entrega .....	32
Tabla 8: Ficha de caracterización y análisis del proceso de elaboración de núcleo .....	34
Tabla 9: Participación de los desperdicios en el proceso de elaboración de núcleo.....	42
Tabla 10: Métricas de la manufactura esbelta .....	43
Tabla 11: Capacidad de producción del semestre II – 2018.....	44
Tabla 12: Análisis del tiempo de preparación de la maquina JODDER –AS IS .....	48
Tabla 13: Identificación de las actividades en la preparación de la maquina JODDER	50
Tabla 14: Análisis de la preparación de la máquina JODDER –TO BE .....	52
Tabla 15: Análisis de la preparación de la maquina MTM – AS IS.....	53
Tabla 16: Identificación de las actividades en la preparación de la máquina.....	55
Tabla 17: Análisis de la preparación de la maquina MTM – TO BE .....	57
Tabla 18: Materiales para limpieza.....	59
Tabla 19: Materiales para limpieza máquina JODDER.....	60
Tabla 20: Materiales para limpieza máquina MTM .....	60
Tabla 21: Tabla resumen de la implementación del SMED .....	71
Tabla 22: Tiempo del proceso de elaboración de núcleo antes y después de la mejora.	71
Tabla 23: % de Disponibilidad de la máquina MTM .....	72
Tabla 24: % de Rendimiento de la máquina MTM .....	72
Tabla 25: % de calidad de la máquina MTM.....	73
Tabla 26: OEE de la máquina MTM .....	73
Tabla 27: % de Disponibilidad de la máquina JODDER.....	73
Tabla 28: % de Rendimiento de la máquina JODDER.....	74
Tabla 29: % de Calidad de la máquina JODDER.....	74
Tabla 30: OEE de la máquina JODDER.....	75
Tabla 31: Capacidad de producción antes y después de la mejora.....	75
Tabla 32: Tiempo de disminución por subproceso mejorado.....	75
Tabla 33: Tiempo del proceso de elaboración núcleo AS IS – TO BE .....	76
Tabla 34: Productividad del proceso de elaboración AS IS – TO BE.....	76
Tabla 35: Valorización de los tiempos del proceso de elaboración de núcleo .....	77
Tabla 36: Prueba de normalidad de tiempo del proceso con Shapiro Wilk.....	77
Tabla 37: Comparación de medias del tiempo del proceso AS IS – TO BE .....	78
Tabla 38: Estadísticos de prueba de T-student para el tiempo del proceso .....	78
Tabla 39: Prueba de normalidad del OEE con Shapiro Wilk .....	79
Tabla 40: Comparación de medias de la eficiencia de la máquina MTM .....	80
Tabla 41: Estadísticos de prueba de T-student para la eficiencia de la máquina MTM.	80
Tabla 42: Prueba de normalidad del OEE con Shapiro Wilk .....	81
Tabla 43: Comparación de medias de la eficiencia de la máquina JODDER.....	82

Tabla 44: Prueba de T-student para la eficiencia de la máquina JODDER .....	82
Tabla 45: Prueba de normalidad de capacidad de producción con Shapiro Wilk .....	83
Tabla 46: Comparación de medias de la capacidad de producción AS IS – TO BE .....	84
Tabla 47: Estadísticos de prueba de T-student para la capacidad de producción.....	84
Tabla 48: Prueba de normalidad de productividad del proceso con Shapiro Wilk.....	85
Tabla 49: Comparación de medias de la productividad del proceso AS IS – TO BE ....	86
Tabla 50: Estadísticos de prueba de T-student para la productividad del proceso .....	86

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Diagrama Ishikawa.....	3
Figura 2: Evolución del enfoque de la calidad en el tiempo.....	10
Figura 3: Principios de la manufactura esbelta .....	11
Figura 4: Técnicas prácticas de las fases del SMED .....	14
Figura 5: Mapa de macro procesos de la línea de fabricación de transformadores .....	29
Figura 6: Diagrama de flujo del proceso de producción.....	30
Figura 7: Grafico de Pareto de los costos de nivel de incumplimiento de entrega.....	32
Figura 8: Diagrama de flujo del proceso de elaboración de núcleo.....	35
Figura 9: Árbol de problemas .....	36
Figura 10: Estructura organizativa propuesta .....	37
Figura 11: Mapa de Flujo de Valor Actual .....	39
Figura 12: Mapa de Valor Futuro .....	41
Figura 13: Grafico de Pareto de tipos de pérdidas en el proceso de elaboración núcleo	42
Figura 14: Comparación de la capacidad de producción vs factores.....	44
Figura 15: DOP del subproceso de pre-corte (Parte 01).....	46
Figura 16: DOP del subproceso de pre-corte (Parte 02).....	47
Figura 17: Tiempo de preparación de la maquina JODDER paso 2.....	49
Figura 18: Tiempo de preparación de la maquina JODDER paso 3.....	49
Figura 19: Tiempo de preparación de la maquina JODDER paso 4.....	51
Figura 20: DOP del sub proceso de corte .....	54
Figura 21: Tiempo de la preparación de la maquina MTM paso 2.....	55
Figura 22: Tiempo de preparación de la maquina MTM paso 3 .....	56
Figura 23: Tiempo de preparación de la maquina MTM paso 4 .....	57
Figura 24: Pérdida por fallas – Máquina MTM.....	58
Figura 25: Pérdida por fallas – Máquina JODDER .....	58
Figura 26: Takt time vs Tiempo de ciclo .....	61
Figura 27: Diagrama de interacción y de secuencia del proceso .....	62
Figura 28: Diagrama de flujo sub proceso de armado – AS IS .....	63
Figura 29: DOP del sub proceso de armado – AS IS (parte 01).....	64
Figura 30: DOP del sub proceso de armado- AS IS (parte 02).....	65
Figura 31: Diagrama de flujo del sub proceso de armado – TO BE.....	68
Figura 32: DOP del sub proceso de armado–TO BE (parte 01) .....	69
Figura 33: DOP del sub proceso de armado – TO BE (parte 02) .....	70

## RESUMEN

La siguiente propuesta buscó incrementar la productividad de la elaboración de núcleo de transformadores de distribución del rubro eléctrico aplicando la metodología de manufactura esbelta.

La empresa en estudio se dedica a la fabricación y comercialización de transformadores de distribución y potencia, con el objetivo de conocer la situación actual de la empresa se realizó el diagnóstico del área de producción como tiempos estándares de producción, indicadores y costos de cumplimiento de entrega, el mapeo de flujo de valor (VSM, conocida por sus siglas en inglés); con lo que se determinó la necesidad del uso de herramientas de la manufactura esbelta tal como el SMED, mantenimiento autónomo y estandarización de trabajo como propuesta de solución a los actuales problemas de la empresa, la aplicación de manufactura esbelta buscó reducir los tiempos, costos e incrementar la eficiencia de los equipos y la capacidad de producción.

Dado que la propuesta de mejora quería generar el mayor impacto para la empresa, se seleccionó como línea piloto la línea de elaboración de núcleo, cuya función es realizar los subprocesos de corte, pre corte y armado de núcleo. Actualmente el área presenta mayores problemas en la productividad. Según el reporte del segundo semestre del año 2018 el nivel de incumplimiento de entrega fue un 84% y tuvo un costo de 6,522.58 soles.

Con la aplicación de manufactura esbelta se obtuvo una reducción de tiempos, eficiencia de equipos y estandarización de trabajo en 14%, 17% y 17%.

Por lo tanto, se recomendó que se expanda la aplicación de la manufactura esbelta en las demás líneas de producción con el fin de crear una cultura de mejora.

Palabras claves: manufactura esbelta, SMED, mantenimiento autónomo, estandarización de trabajo, mapa de flujo de valor, eficiencia de equipos, capacidad de producción, productividad.

## ABSTRACT

The following proposal sought to increase the productivity of the processing core of distribution transformers in the electrical sector by applying the lean manufacturing methodology.

The company under study is dedicated to the manufacture and marketing of distribution and power transformers, with the objective of knowing the current situation of the company the diagnosis of the production area was performed as standard production times, indicators and delivery compliance costs , value flow mapping (VSM, known by its acronym in English); With what was determined the need for the use of lean manufacturing tools such as the SMED, autonomous maintenance and standardization of work as a proposed solution to the current problems of the company, the application of lean manufacturing sought to reduce times, costs and Increase equipment efficiency and production capacity.

Since the improvement proposal wanted to generate the greatest impact for the company, the core development line was selected as a pilot line, whose function is to perform the cutting, pre-cutting and core assembly threads. Currently the area presents greater problems in productivity. According to the report of the second semester of the year 2018, the level of default of delivery was 84% and had a cost of 6,522.58 soles.

With the application of lean manufacturing, a reduction in time, equipment efficiency and work standardization was obtained in 14%, 17% and 17%.

Therefore, it was recommended that the application of lean manufacturing be expanded in the other production lines in order to create a culture of improvement.

Keywords: Slender manufacturing, SMED, autonomous maintenance, work standardization, value flow map, equipment efficiency, production capacity, productivity.

## INTRODUCCIÓN

En el rubro eléctrico, la empresa construcciones electromecánicas Delcrosa busca su rentabilidad en la fabricación y comercialización de transformadores de potencia y distribución, encontrando la necesidad de mejorar la productividad en uno de sus principales procesos, la elaboración de núcleo para transformadores de distribución, puesto que dentro del tiempo estipulado para terminar el proceso en mención, existen tiempos ociosos y movimientos innecesarios que terminan retrasando los demás operaciones.

En el capítulo 1 se describe la situación actual del proceso de elaboración de núcleo y se utilizan herramientas de diagnóstico para establecer los problemas específicos.

Luego en el capítulo 2 se desarrolla el marco teórico, donde se revisa antecedentes del estudio de investigación, bases teóricas vinculadas a las variables y definición de términos difíciles de comprender. Por ende, se plantea como hipótesis general “La propuesta de aplicación de la manufactura esbelta mejorará la productividad del proceso de elaboración de núcleo del transformador de distribución” y las hipótesis específicas con sus definiciones de cada variable.

En el capítulo 3, se detalla la metodología utilizada de tipo aplicada y diseño cuasiexperimental, junto a las técnicas e instrumentos que será empleada en la investigación.

Por último en el capítulo 4, se presenta y analiza los resultados de investigación de la implementación de la propuesta de mejora para aumentar la productividad del proceso de elaboración de núcleo, reducir el tiempo de preparación de máquina con la ayuda de la herramienta SMED, los trabajadores deben realizar el mantenimiento preventivo para reducir las fallas y paradas de la máquina, la cual se desarrolla con la herramienta de mantenimiento autónomo y eliminar los procesos, tiempos de espera y tiempos muertos en el proceso con la herramienta de trabajo estándar.

Finalmente, se concluye que si se implementa la propuesta se logra aumentar la productividad del proceso de elaboración de núcleo, por lo que se recomienda llevar a cabo el plan de mejora y replicar lo implementado en las demás líneas de producción de la empresa.

# CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

## 1.1 Descripción y formulación del problema general y específico

### 1.1.1 Descripción del problema

Construcciones electromecánicas Delcrosa S.A es una empresa peruana fabricante de transformadores con más de sesenta años en el mercado y considerada pionera por haber contribuido con el desarrollo del país. En la actualidad es una de las principales contratistas de proyectos electromecánicos del Perú en el negocio fabricación y comercialización de transformadores cumpliendo lo más exigentes estándares internacionales de calidad al servicio de sus clientes.

Esta investigación se realiza porque existe la necesidad de una propuesta de mejora en el proceso productivo en la empresa Construcciones Electromecánicas Delcrosa, debido a que:

La industria de bienes de capital se vio favorecida por la mayor fabricación de motores, generadores y transformadores eléctricos y aparatos de distribución y control de la energía eléctrica en 102,33%, debido a la mayor fabricación de transformadores de fuerza y transformadores distribuidores para el mercado interno (Instituto Nacional de Estadística de Informática, 2019, pág. 28) en el año 2018.

Debido al crecimiento, la aparición de nuevos competidores y las exigencias de los clientes en términos de precio, tiempo y calidad hace que la empresa requiera estar en una constante mejora. Por ello se eligió el proceso de elaboración de núcleo en el área producción por ser el proceso principal, tener el mayor impacto en el tiempo total de producción y mayor costo en la fabricación de transformadores de distribución, identificando una mala distribución de planta por proceso donde existe congestión y deficiente utilización del espacio, excesivas distancias a recorrer el flujo del trabajo y simultaneidad de cuellos de botella; también por tener elevado tiempo de producción debido a los tiempos de espera en el proceso e inadecuado plan mantenimiento de las máquinas, los cuales son identificados en un diagrama de Ishikawa siendo clasificados en mano de obra, método de trabajo, materiales, maquinaria, medio ambiente y medición teniendo como causa raíz la baja productividad del proceso de núcleo ( ver figura 1).

Para el diagnóstico actual de la empresa se realizó visitas a planta, además de entrevistas al jefe de operaciones, supervisor y trabajadores del área de elaboración de núcleo. Se identificó las debilidades y también se buscó información acerca de la industria del

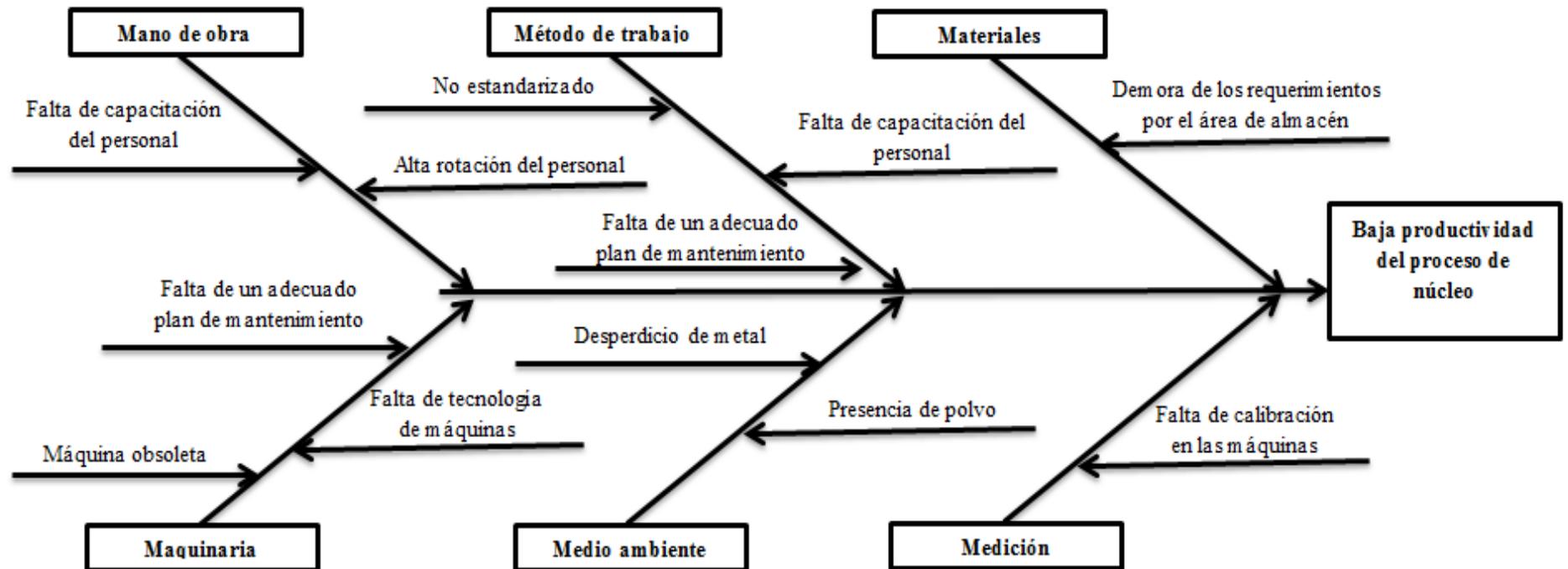


Figura 1: Diagrama Ishikawa  
Fuente: Elaboración Propia

transformador, enfocándose a la búsqueda de soluciones a las oportunidades de mejora respecto al entorno en la que se encuentra. Por ello en la presente investigación contempla describir la situación actual de la empresa en el proceso de elaboración de núcleo para proponer una mejora de procesos aplicando herramientas de la metodología manufactura esbelta, que permite administrar eficientemente el flujo de valor, lograr reducir tiempos, aumentar la productividad y aumentar la capacidad de producción de un transformador.

### 1.1.2. Formulación del problema general y específicos

#### Formulación del problema general

¿En qué medida la aplicación de la manufactura esbelta mejora la productividad del proceso de elaboración de núcleo del transformador de distribución?

#### Formulación de los problemas específicos

- a) ¿De qué manera la aplicación de la herramienta SMED reducirá el tiempo del proceso de elaboración de núcleo del transformador de distribución?
- b) ¿Cuál es el impacto de la aplicación del mantenimiento autónomo para incrementar la eficiencia de las maquinas del proceso de elaboración de núcleo del transformador de distribución?
- c) ¿De qué manera la aplicación de la herramienta trabajo estándar incrementa la capacidad de producción del proceso de elaboración de núcleo del transformador de distribución?

### 1.2. Objetivo general y específico

#### Objetivo general

Determinar en qué medida la aplicación de la manufactura esbelta mejora la productividad del proceso de elaboración de núcleo del transformador de distribución.

#### Objetivos específicos

- a) Determinar de qué manera la aplicación de la herramienta SMED reducirá el tiempo del proceso de elaboración de núcleo del transformador de distribución
- b) Evaluar cuál es el impacto de la aplicación del mantenimiento autónomo para incrementar la eficiencia de las maquinas del proceso de elaboración de núcleo del transformador de distribución.
- c) Determinar de qué manera la aplicación de la herramienta trabajo estándar incrementa la capacidad de producción del proceso de elaboración de núcleo del transformador de distribución

### 1.3. Delimitación de la investigación: temporal espacial y temática

#### a) Delimitación espacial

Esta investigación recopiló información y analizó los datos del área de elaboración de núcleo en la empresa Construcciones Electromecánicas Delcrosa S.A., ubicada en Perú en la Provincia de Lima Distrito Cercado de Lima en la Av. Argentina 1515.

#### b) Delimitación temporal

El periodo de tiempo es del semestre 2018 – II, que inicia en el mes julio del año 2018 hasta el mes de diciembre del año 2018.

#### c) Delimitación conceptual o temática

La investigación se realizó utilizando herramientas de la metodología manufactura esbelta en el proceso de elaboración de núcleo de un transformador de distribución del área de producción.

### 1.4. Justificación e importancia

#### 1.4.1 Justificación del estudio

##### a) Justificación teórica

Permitirá tener un amplio conocimiento sobre la base teórica de nuestro estudio el cual es la metodología de manufactura esbelta y nos proporcionará un mayor criterio de análisis en el proceso desarrollado.

##### b) Justificación práctica

Se realiza la investigación debido a los problemas que aborda el proceso de elaboración de núcleo del transformador de distribución en la empresa Construcciones Electromecánicas Delcrosa S.A relacionados en rediseñar la distribución de planta, optimizar el tiempo de ciclo del proceso y un plan de mantenimiento de las máquinas.

#### 1.4.2. Importancia del estudio

La presente investigación propone incrementar la productividad en el área de elaboración de núcleo aplicando la metodología de manufactura esbelta y sus herramientas para reducir el tiempo del proceso, incrementar la eficiencia en las máquinas y la capacidad productiva.

## CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes del estudio de investigación

Caro, F. (2016) en su trabajo de investigación planteo desarrollar un layout en el contexto de lean manufacturing teniendo como causas de realización la alta congestión al interior de la naviera produciendo mayor flujo de movimiento, mínimo espacio libre para maniobrar y grandes distancias de desplazamiento en los sectores más utilizados de almacenamiento teniendo como consecuencias alto tiempo de espera y prolongación de los tiempos del proceso volviendo a la naviera poco eficiente; el objetivo es solucionar las causas por ende también las consecuencias aplicando la metodología manufactura esbelta para disminuir la congestión, menores costos y menor tiempo de espera al interior de la naviera; dentro de esta metodología se identificó alternativas de layout según el método ALDEP; el cual redujo la distancia entre el muelle de carga de la naviera y los sectores de almacenamiento y el tiempo de realización de estos; teniendo como resultados reducción de sobreestadía de transporte, disminución de multas por sobreestadía y un mejor funcionamiento operativo.

Rojas, C. (2016) desarrolló la investigación que muestra los problemas primordiales acerca de la distribución que existen en la empresa metalmecánica dedicada a la fabricación y venta de gabinetes para telecomunicaciones, tiene como objetivo principal crear una cultura de orden y limpieza en la organización debido a los problemas existentes como es la seguridad del personal y la capacidad productiva de la empresa, de esta manera se ha elegido la opción más rentable que pueda acceder la empresa para que trabaje de manera eficiente reduciendo costos e incrementando la calidad de los productos a entregar a sus clientes. La tesis concluye que los métodos actuales de trabajo son improductivos y el existe un desorden en al área que genera accidentes, tiempos muertos y movimientos innecesarios, impidiendo que se cumplan los pedidos de producción programados; la herramienta de la metodología 5S implementada ayudo al análisis e identificación los principales problemas y de esta manera desarrollar mejoras que van a tener un seguimiento en el tiempo y al implementar la nueva distribución entre áreas se afirma que los nuevos métodos propuestos reduce los tiempos muertos por movimientos innecesarios, mejora la seguridad del trabajador y el cumplimiento de la entrega del producto en el tiempo programado.

Carranza, D. (2016) desarrolló la tesis que plantea analizar e implementar la metodología manufactura esbelta para mejorar su competitividad con los países asiáticos en la industria textil, consiguiendo reducir los costos en la producción, calidad óptima de sus productos, eliminar sus desperdicios, la empresa cuenta con un flujo continuo del abastecimiento de sus materiales hasta que el producto terminado sea recibido por el cliente, en el tiempo y cantidad solicitado. La tesis concluye que la implementación de las herramientas de manufactura esbelta consiguió beneficios para la empresa en el análisis financiero, el cual resulto rentable obteniendo un VAN mayor a uno y un TIR del 66%; el análisis de la situación actual de la empresa con las herramientas de manufactura esbelta permitió identificar las actividades que no le agregan valor al proceso productivo mediante las 5s, técnicas de calidad, mantenimiento autónomo y Just in time, obteniendo un considerable ahorro anual; la implementación de la herramienta 5s logro tener un impacto considerable en el lugar de trabajo tanto para el personal operativo como el personal administrativo y la implementación de la herramienta de mantenimiento autónomo contribuyo en reducir los tiempos de espera; la implementación del Just in time logro disminuir los tiempos de movimiento en el proceso productivo y alcanzar una mayor productividad y la herramienta de manufactura esbelta brinda una ventaja competitiva respecto a sus competidores en cumplimiento de entrega, flexibilidad y calidad; reflejándose al generar mayor rentabilidad para la empresa.

Lema, H. (2014) desarrolló la tesis que pretende aumentar la satisfacción del cliente, disminuir costos y elevar el bienestar del personal en la línea de producción de la empresa implementando la metodología manufactura esbelta; utilizando las herramientas de 5s, mantenimiento autónomo y SMED. La línea de producción presenta problemas en calidad y productividad generando grandes pérdidas de dinero por ello con la implementación de la propuesta se espera un crecimiento disponibilidad, eficiencia y calidad con consecuencia de ahorros anuales. La tesis concluye que la implementación de la propuesta de mejora obtiene beneficios en calidad, eficiencia y disponibilidad donde la evaluación financiera concluyo que la propuesta es rentable por un VAN mayor a cero y un TIR de 29.67%.

Guevara, E. & Zegarra, R. (2015) desarrollaron la investigación que consiste en implementar y diseñar un modelo integrado de producción para la fabricación de llaves de cerradura, integrando la teoría de restricciones para resolver los cuellos de botella en la línea de producción y utilizar la metodología manufactura esbelta para eliminar los desperdicios que genera los cuellos de botella; el resultado de la implementación es mejorar la productividad en la línea de producción y reducir sus costos logrando que la empresa sea más eficiente en sus procesos y competitiva en el mercado. La tesis concluye que la aplicación de la manufactura esbelta y el modelo integrado de gestión de la producción con teoría de restricciones, aumento la productividad y mejoro el costo de fabricación por unidad; con la utilización de las herramientas trabajo estándar, cambios rápidos y poka yoke; la aplicación de la herramienta poka yoke del lean manufacturing disminuyo los productos no conformes en el proceso, redujo la posibilidad de cometer errores y aumento la calidad del producto; la aplicación de la herramienta trabajo estándar permite producir productos sin desperdicios y mejorar la capacidad de proceso productivo y la aplicación de cambios rápidos herramienta de la manufactura esbelta mejoro la capacidad de producción y permite la mejora en tiempos de cambios en el proceso, eliminando el cuello de botella identificado.

## 2.2. Bases teóricas vinculada a la variable o variables de estudio

### 2.2.1. Manufactura Esbelta o Lean Manufacturing

Manufactura Esbelta es el conjunto de herramientas para eliminar actividades que no agreguen valor en el proceso, producto o servicio; para mejorar la calidad del producto o servicio, reducir tiempos de ciclos de los procesos, reducir costos para mayor satisfacción de los clientes y generar mayores utilidades a la empresa.

Lean Manufacturing es una filosofía de gestión enfocada a la reducción de los siete tipos de desperdicios (sobreproducción, tiempo de espera, transporte, exceso de procesado, inventario, movimiento y defectos y potencial humano subutilizado) en productos manufacturados. Al eliminar el despilfarro, la calidad mejora y el tiempo de producción y el costo se reducen. Las herramientas lean incluyen procesos continuos de análisis (kaizen), producción pull (en el sentido

de kanban) y elementos y procesos a prueba de fallas (poka yoke). (Madrigal.R, 2018, pág. 301)

Objetivos de la manufactura esbelta

- Los objetivos más importantes de la manufactura esbelta son:
- Reducir los desperdicios.
- Reducir el inventario y el espacio en el piso de producción.
- Crear sistemas de producción más robustos.
- Crear sistemas de entrega de materiales en tiempo, cantidad y con calidad.
- Mejorar la distribución de planta para aumentar la flexibilidad. (Platas.J & Cervantes.M, 2014, pág. 250)

#### 2.2.1.1. Principios de la Manufactura Esbelta

Los principios clave de la manufactura esbelta son calidad, minimización del desperdicio, procesos Pull, flexibilidad y abastecimiento, los cuales se describen con detalle a continuación.

##### - Calidad

Se refiere a la búsqueda de cero defectos; esto es detección y solución de los problemas desde su origen. A lo largo de la historia, el término calidad ha sido un detonante que ha pasado por diferentes etapas evolutivas en las empresas y que está inmerso en labores como inspeccionar la calidad al final de la producción, controlarla con el uso de gráficos por atributos o variables a lo largo del proceso, desarrollar la metodología seis sigmas, calcular la capacidad de procesos y llevar a cabo la certificación con normas ISO 9001. Sistemas de Gestión de Calidad; ISO 14000, Sistema de Gestión Ambiental; TS-16949, Especificación Técnica Automotriz; ISO 22000, Sistema de Gestión de la Inocuidad Alimentaria; ISO 18000, Sistema de Gestión de Seguridad y Salud Ocupacional, y ISO 50001 Sistema de Gestión Para la Eficiencia Energética; todo ello con un enfoque por procesos, aplicando los principios de la gestión de calidad a fin de lograr la satisfacción del cliente o superar sus expectativas (Ver figura 2).

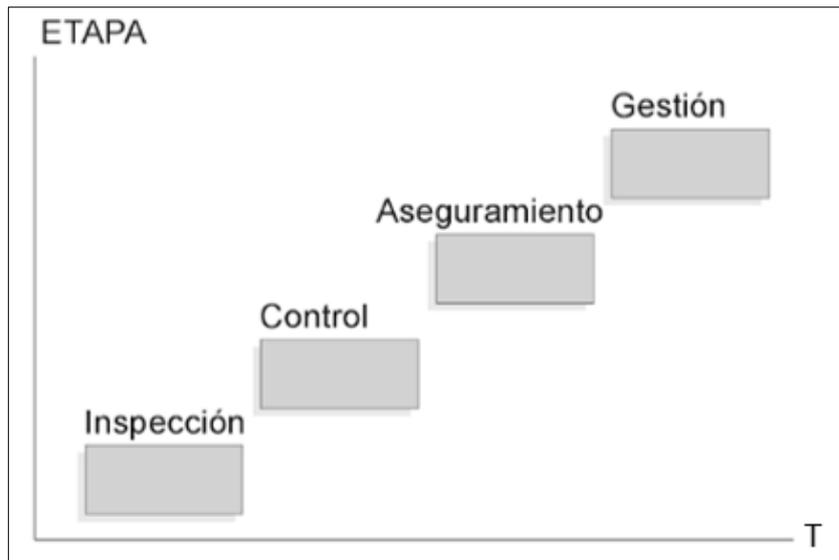


Figura 2: Evolución del enfoque de la calidad en el tiempo

Fuente: Platas J. & Cervantes M.; Planeación, Diseño y Layout de instalaciones (2014)

- Minimización del desperdicio

Consiste en eliminar todas las actividades que no son de valor agregado. Para identificar una actividad que si agrega valor al producto se deben tener en cuenta tres características básicas.

- Que sea de interés para el cliente.
- Que exista un cambio o transformación útil.
- Que se realice con calidad.

Si en una actividad están presentes estas tres características básicas, entonces se considera que dicha actividad si agrega valor al producto. Por ejemplo, en un almacén al realizar una orden o pedido y procesarlo en  $n$  etapas no existe cambio o transformación alguna; no obstante, esta no es una actividad que le interese al cliente, a este solo le interesa recibir el producto a tiempo, o en el menor tiempo de entrega posible y con la calidad requerida.

- Procesos Pull

Son los procesos que son “jalados” por el cliente final, no “empujados” por el final de la producción. Corresponde a un sistema de producción donde cada operación recibe el material que necesita de la operación o proceso anterior, con lo que se logra producir solo lo necesario.

- Flexibilidad

Consiste en producir de manera rápida diferentes mezclas de gran variedad de producto, sin sacrificar la eficiencia debido a volúmenes menores de producción.

- Abastecimientos

Se basa en construir y mantener una relación a largo plazo con los proveedores, llegando a acuerdos para compartir el riesgo, los costos y la información.

Para lograr implementar la manufactura esbelta es necesario analizar cada operación del proceso e identificar, en primera instancia, si sus etapas le agregan o no valor, con el fin de eliminar las actividades que no lo hacen y lograr un proceso de manufactura esbelta. (Platas.J & Cervantes.M, 2014, págs. 250-251)

La figura 3 muestra los principios de la manufactura esbelta según la calidad, minimización de desperdicios, procesos pull, flexibilidad y abastecimiento.

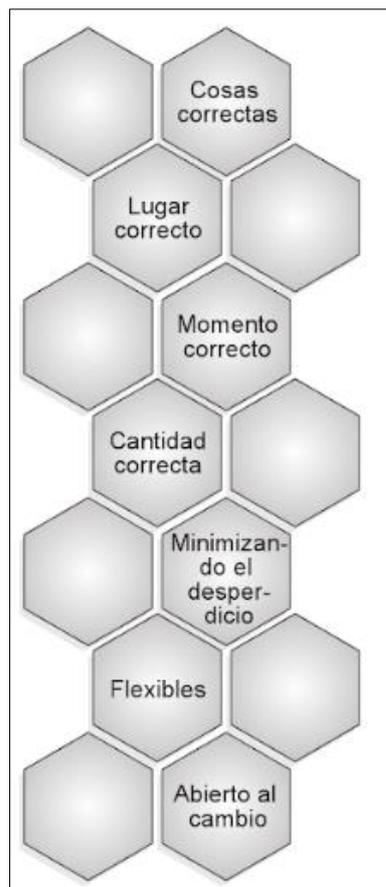


Figura 3: Principios de la manufactura esbelta

Fuente: Platas J. & Cervantes M.; Planeación, Diseño y Layout de instalaciones (2014)

## 2.2.1.2. Herramientas de Manufactura esbelta

### **Trabajo estándar**

El trabajo estandarizado es un conjunto de procedimientos de trabajo que establecen el mejor método y secuencia para cada proceso. La hoja de trabajo estandarizado ayuda a ilustrar la secuencia de operaciones dentro del proceso, incluyendo el tiempo de ciclo. Esta hoja debe colocarse en el área de trabajo.

Los pasos que seguir para llenar esta hoja son:

- Dibujar el layout de la célula sobre la hoja e identificar todos los artículos.
- Asignar la ubicación de los elementos de trabajo por número.
- Mostrar la trayectoria de los movimientos.
- Llenar la información requerida dentro de la hoja.
- Colocarla en el área de trabajo.
- El trabajo estandarizado provee las bases para tener altos niveles de productividad, calidad y seguridad. Los trabajadores desarrollan ideas kaizen para que continuamente se mejoren estas tres áreas. (Guevara.E & Zegarra.R, 2015, pág. 29)

### **Las 5s**

La herramienta de las 5s es primordial en la manufactura esbelta porque nos permite lograr la organización en un lugar de trabajo y optimizar procesos basados en una cultura de disciplina y orden, eliminando las mudas.

Esta técnica permite crear un ambiente sano de trabajo, optimizando costos, espacios y personal, mediante la implementación de cinco fases o etapas simples, cuyos nombres provienen del idioma japonés: seiri (eliminar), seiton (ordenar), seiso (limpiar), seiketsu (estandarizar) y shitsuke (disciplina).

Los principios en que se basa esta técnica quizá sean los más fáciles de entender de la filosofía lean, además de que en términos de economía constituye la herramienta menos costosa. Hiroyuki Hirano es considerado el padre de esta técnica, debido a que desarrollo una infinidad de metodologías para mantener limpio y ordenado el puesto de trabajo.

El objetivo de las 5's (ver tabla 1) es el orden en las herramientas, el ambiente de trabajo y la seguridad, con la finalidad de evitar movimientos innecesarios en el flujo de trabajo, suciedad en el entorno laboral, falta de seguridad laboral en el puesto y de instrucciones en planta, etcétera. (Madrigal.R, 2018, págs. 301-302)

Tabla 1: Objetivos de las 5s

<b>a) Seiri (eliminar)</b>	Esta fase tiene por objetivo clasificar y eliminar los elementos innecesarios en el puesto de trabajo, para realizar la tarea asignada a dicho puesto.
<b>b) Seiton (ordenar)</b>	Es fase consiste en establecer un orden u organización para los recursos necesarios del proceso productivo. Su objetivo principal es disminuir el tiempo para encontrar los recursos.
<b>c) Seiso(limpieza e inspección)</b>	Esta fase implica limpiar e inspeccionar el entorno en busca de defectos, con lo que se trata de anticipar el defecto o falla.
<b>d) Seiketsu (estandarización)</b>	La principal finalidad de esta fase es estandarizar lo conseguido en las fases anteriores, para que los beneficios se prolonguen en el tiempo, mediante la elaboración de instrucciones técnicas a modo de esquema, que permitan consultar de manera rápida como llevar a cabo una tarea determinada.
<b>e) Shitsuke</b>	El objetivo de esta fase es hacer que las acciones derivadas de las fases anteriores se automaticen y conviertan en una acción más del proceso productivo.

Fuente: Madrigal R.; Control Estadístico de la calidad (2018)

### **Cambio Rápido (SMED)**

Esta herramienta permite reducir los tiempos de cambios en el proceso productivo, elevando la efectividad global de los equipos (OEE), clasifica en dos las tareas, las tareas internas es cuando los equipos están fuera de la hora de producción (maquina parada) y las tareas externas es cuando los equipos están en el periodo de producción (maquina en marcha), teniendo como objetivo realizar cualquier cambio de herramienta en menos de 10 minutos para ello las maquinas tienen que estar rápidamente preparadas.

Los objetivos de SMED son:

- Posibilitar el hecho de producir mediante lotes más pequeños, sin afectar el costo
- Reducir la cantidad y el inventario
- Mejorar la calidad del producto
- Reducir los desperdicios (tiempo, movimiento y material)
- Incrementar la flexibilidad de la planta
- Mejorar el tiempo de entrega del producto

La metodología SMED fue desarrollada por Shigeo Shingo, cuyo trabajo pionero llevo a una reducción documentada de tiempos de cambio promedio de 94% (de 90 minutos a menos de 5 minutos)

En SMED, los cambios de herramientas constan de dos pasos realizados, a los que se les denomina elementos:

- Elementos internos. Elementos que deben ser completados mientras el equipo no está funcionando
- Elementos externos. Elementos que pueden hacerse mientras el equipo está en funcionamiento. (Madrigal.R, 2018, pág. 305)

La figura 4 muestra las fases del SMED según técnicas prácticas y los dos elementos o pasos buscando cambiar las herramientas lo más rápido posible.

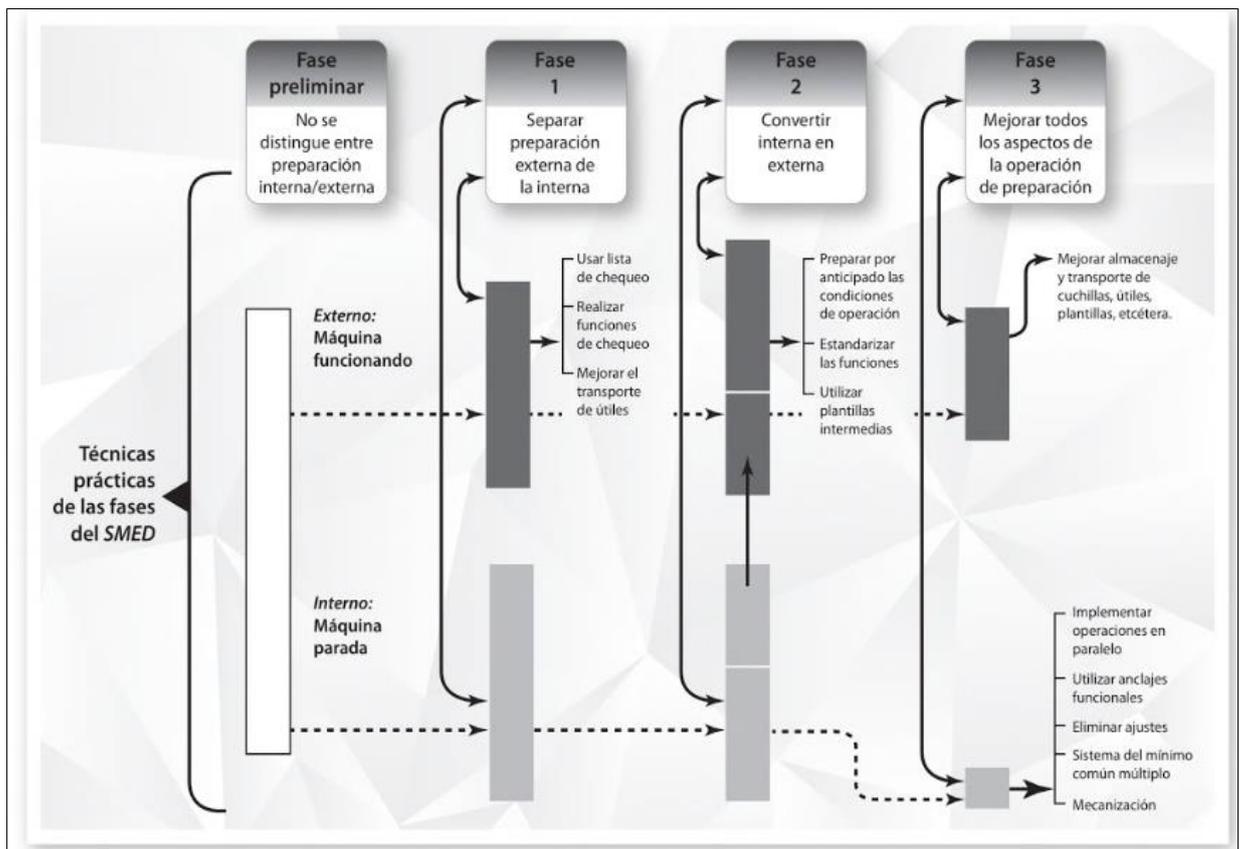


Figura 4: Técnicas prácticas de las fases del SMED  
 Fuente: Madrigal R.; Control Estadístico de la calidad (2018)

### Mantenimiento Productivo Total (TPM)

El TPM es el método de la gestión del mantenimiento de la empresa cuya finalidad es obtener cero fallos, con el involucramiento de todo el personal de la empresa y en todas las fases del desarrollo del producto, incluido el diseño

El buen funcionamiento de las maquinas es un factor importantísimo en la productividad de la planta de manufactura. El mapeo de los posibles factores que pueden producir una avería debería ser una actividad más de la empresa, así como la elaboración de un plan que permita eliminarlos o aminorarlos, con el fin de lograr

la optimización del mantenimiento de equipos y herramientas. (Madrigal.R, 2018, pág. 308)

El TPM mejora la eficiencia de un proceso para obtener cero defectos, cero incidentes y cero fallos; reduciendo los stocks y los costos para mejorar la productividad, teniendo como acción principal explotar y cuidar los sistemas y procesos básicos productivos; logrando mejorar y estandarizar el rendimiento técnico de un proceso productivo para la mejora continua del rendimiento operacional.

#### Objetivos del TPM

##### - Objetivos estratégicos

Ayudar a construir capacidades competitivas desde las operaciones de la empresa, gracias a su contribución a la mejora de la efectividad de los sistemas productivos, a la flexibilidad y capacidad de respuesta, a la reducción de costos operativos y a la conservación de “conocimiento industrial”.

##### - Objetivos operativos

En las actividades cotidianas, el TPM tiene como propósito que los equipos sin averías ni fallas, eliminar toda clase de pérdidas, mejorar la fiabilidad de los equipos y emplear, en realidad, la capacidad industrial instalada.

##### - Objetivos organizativos

El TPM busca fortalecer el trabajo en equipo, incrementar la moral del trabajador y crear un espacio donde cada persona pueda aportar lo mejor de sí, con el propósito de hacer del sitio de trabajo un entorno creativo, seguro, productivo y donde trabajar sea en realidad una actividad grata.

#### Características del TPM

- Se desarrollan acciones de mantenimiento en todas las etapas del ciclo de vida del equipo.
- Se amplía la participación de todas las personas de la organización.
- Se observa como una estrategia global de empresa, en lugar de un sistema para mantener equipos.
- Está orientado a mejorar la efectividad global de las operaciones, en lugar de prestar atención a mantener los equipos funcionando.
- Hay una intervención significativa del personal involucrado en la operación y producción en el cuidado y la conservación de los equipos y recursos físicos.

- Los procesos de mantenimiento están fundamentados en el uso del conocimiento que el personal posee sobre los procesos.

#### Beneficios del TPM

- Organizativos
- Mejora la calidad del ambiente de trabajo.
- Mejora el control de las operaciones.
- Se incrementa la moral del empleado.
- Se crea una cultura de responsabilidad, disciplina y respeto por las normas.
- Se crea un ambiente donde la participación, colaboración y creatividad es una realidad.
- Se dimensionan de manera adecuada las plantillas de personal.
- Hay redes de comunicación eficaces.
- Seguridad
- Mejoran las condiciones ambientales.
- Se fomentan la cultura de prevención de eventos negativos para la salud.
- Se incrementa la capacidad para identificar problemas potenciales y la búsqueda de acciones correctivas. Se entiende el porqué de ciertas normas, en lugar de como hacer determinada acción.
- Se previenen y eliminan las causas potenciales de accidentes.
- Se elimina de manera radical las fuentes de contaminación.
- Productividad
- Se elimina las pérdidas de afectan la productividad de la planta.
- Se mejora la fiabilidad y disponibilidad de los equipos.
- Se reducen los costos de mantenimiento.
- Se mejora la calidad del producto final.
- Se reducen los costos financieros por cambios.
- Se mejora la tecnología de la empresa.
- Se aumenta la capacidad de respuesta ante los movimientos del mercado.
- Se crean capacidades competitivas desde la fábrica. (Platas.J & Cervantes.M, 2014, págs. 267-268)

## **Mantenimiento autónomo**

“La filosofía básica del mantenimiento autónomo es que la persona que opera con un equipo productivo se ocupe de su mantenimiento”. (Cuatrecasas.L & Torrel.F, 2010, pág. 131)

La mejora de la eficiencia y competitividad que puede lograrse de la mano del Mantenimiento Autónomo se deriva de:

- La combinación del trabajo y mantenimiento en el mismo puesto de trabajo permite ahorrar tiempos (de vacío) y esfuerzos, y da lugar a una actuación más rápida.
- El trabajador conoce mejor que nadie su equipo y sabe lo que necesita y cuando lo necesita, y puede darle un mantenimiento rápido y eficiente.
- El trabajador conoce cuando el equipo está próximo a una avería o a la necesidad de cambio de algún componente (un ruido, una holgura, algún indicador, etc). (Cuatrecasas.L & Torrel.F, 2010, pág. 133).

Dado que la implementación del Mantenimiento Autónomo implica que se involucren las personas y la organización en la nueva gestión de los equipos y su mantenimiento, con los cambios y aprendizaje necesarios, será preciso que dicha implantación tenga lugar de forma paulatina, asumiendo distintos niveles cada uno de los cuales suponga una nueva progresión. A continuación, enumeraremos cuales pueden ser los niveles de implementación progresiva, en cada uno de los cuales se deberá asegurar la consecución de los objetivos del TPM, es decir mejorar la eficiencia, productividad y flexibilidad:

- Nivel básico: Se referirá a la introducción del mantenimiento básico, cuyo objetivo es la limpieza, engrase y apriete o ajustes de elementos fijos o móviles de los equipos.
- Nivel de eficiencia de las condiciones de los equipos: Este nivel, que se acometerá una vez asumido el anterior, tiene como finalidad lograr mejoras efectivas a través de la inspección y consiguiente eliminación o reducción de las grandes seis grandes pérdidas. En este nivel el equipo debe alcanzar sus condiciones ópticas del trabajo.
- Nivel pleno de implementación: Con este, el mantenimiento autónomo alcanzara la implementación completa, con la consiguiente organización de la operativa con el equipo e integración de esta. Se estandarizarán la

operativa, su preparación y actividades que comporta, y se integrara en ella el mantenimiento a nivel óptimo. Se estandarizará el control y se implementará sistemas de control visual. Asimismo, se integrará la mejora continua en todos los aspectos citados. Se definirá además el sistema para validar que estos niveles alcanzados no degeneran con el tiempo, y que, dado que los procesos y las empresas están vivas, es necesario que haya una revisión constante de las tareas asignadas del mantenimiento autónomo para garantizar que estas estén al día, se adaptan a las nuevas necesidades de los productos y procesos. Y a la vez deben servir como estándar base, para posteriormente llevar a cabo sobre ellos una optimización del estándar que pueda suponer un mayor grado de ergonomía, reducción de costes y/o tiempos para llevarlo a cabo, o con los mismos tiempos llevar a cabo un mayor número de tareas que permitan mejorar la eficiencia del proceso. (Cuatrecasas.L & Torrel.F, 2010, pág. 147)

#### 2.2.1.3. Metodología de la implementación

La implementación de la manufactura esbelta está basada en 3 fases, la cual tiene 8 etapas en total. La primera fase es de preparación, la cual consta de las etapas como: comprometerse con la manufactura esbelta, seleccionar el flujo de valor y aprender de la manufactura esbelta. La segunda fase es diagnóstica, la cual contiene las etapas de mapear el flujo de valor actual, determinar medibles de la manufactura esbelta y mapear el flujo de valor futuro. Y por último esta la fase de implementación que consta de la mejora continua, el cual tiene las etapas de crear e implementar planes kaizen.

##### a) Primera etapa: Comprometerse con la manufactura esbelta

En esta primera etapa lo que se busca es que la gerencia tenga una participación permanente en el proceso de implementación de manufactura esbelta, disponiendo de los recursos necesarios y comprometiendo a todas las áreas que intervienen en el proceso y de esta manera obtener los resultados esperados. Dentro de esta fase también se escoge al líder y a su equipo que se encargará de ejecutar esta implementación a través de un plan para la asignación de recursos y posterior monitoreo.

##### b) Segunda etapa: Seleccionar el flujo de valor

Esta segunda etapa busca encontrar la actividad o las actividades de los procesos que tienen mayor impacto y se puedan reflejar en los resultados cuando se realice la implementación.

c) Tercera etapa: Aprender acerca de la manufactura esbelta

Esta tercera etapa consiste en brindar los conocimientos necesarios acerca de manufactura esbelta al equipo encargado de la implementación y obtener los resultados deseados del flujo de valor escogido. Esto se va a lograr a través de capacitaciones acerca de lo que es manufactura esbelta, la metodología y la estrategia de implementación a utilizar para tener un enfoque más definido de lo que se está ejecutando.

Algunos temas de las capacitaciones son: concepto de valor y flujo de valor, los siete desperdicios, las herramientas de manufactura esbelta a aplicar.

d) Cuarta etapa: Mapear el flujo de valor actual

El mapa de flujo de valor o Value Stream Mapping (VSM) nos permite identificar las fuentes de desperdicio existentes con el objetivo de reconocer las oportunidades de mejora y continuar con el cambio hacia la manufactura esbelta.

e) Quinta etapa: Identificar medibles de la manufactura esbelta

Luego de haber realizado el mapeo de flujo de valor actual, se va a establecer los indicadores de manufactura esbelta, dependiendo de la naturaleza de la empresa, de modo que se puede realizar una comparación de la situación actual con la situación deseada.

f) Sexta etapa: Mapear el flujo de valor futuro

En esta etapa se realiza una representación de la situación deseada en la que se elimina o reduce los desperdicios identificados en la situación actual. La situación deseada propone que haya un equilibrio entre la demanda y la producción, establecer un flujo continuo que permite que el cliente reciba el producto con la calidad y en el tiempo estimado, además de disminuir los inventarios nivelando la producción.

g) Séptima etapa: Crear planes de mejora

En esta etapa se debe realizar un plan de implementación de las herramientas elegidas, que van a ser utilizadas para alcanzar el resultado futuro identificado en el mapa del flujo de valor futuro. Además, se debe identificar los indicadores a emplear para realizar un seguimiento a las actividades del plan diseñado e identificar la dimensión del impacto que se va obtener dentro de la organización.

h) Octava etapa: Implementar planes de mejora

En esta etapa se realiza la implementación de lo planificado en las etapas precedentes, Pero se debe tener en cuenta que la implementación no termina en esta etapa, sino que a través de la continua eliminación de los desperdicios y la debida interpretación de los requisitos del cliente se logre mejoras de forma continua. (Tapping, 2002)

### 2.2.2. Productividad

La productividad se podría definir como: La relación entre el OUTPUT de productos o servicios obtenidos con relación a recursos empleados para su consecución.

En este sentido, vemos que aumentar la productividad significa:

- Producir más con lo mismo de recursos
- Producir igual utilizando menos recursos

En la práctica lo que habitualmente se pretende es conseguir una economía de recursos para su utilización en otros bienes o servicios.

Está claro que, para conseguir una estabilidad laboral en la empresa, debería existir una correlación entre el crecimiento en volumen de su actividad (nivel de transacciones) y su productividad operativa, ya que, por lo contrario, si la productividad crece más rápidamente que el referido aumento en volumen, habría que bajar el ritmo de la producción reduciendo el personal directo. (Anaya.J, 2016, pág. 178)

### 2.3. Definición de términos básicos

- **Kanban:** “Se refiere a las etiquetas que se ponen a las piezas y los productos para identificarlos durante los diferentes procesos de fabricación y transporte en las empresas”. (Madrigal.R, 2018, pág. 312)
- **Eficiencia:** “Expresa la forma en que se usan los recursos de la empresa: humanos, tecnológicos, materia prima, etcétera”. (Baca.G, y otros, 2014, pág. 86)
- **Efectividad:** “Expresa el grado de cumplimiento en volumen, de los objetivos, metas, estándares, etcétera”. (Baca.G, y otros, 2014, pág. 86)
- **Stock:** “Los inventarios son las reservas (o stock) de materias primas, de productos en proceso o productos terminados y de materiales con que cuenta una empresa para soportar los procesos de producción, las actividades y las demandas de los clientes”. (Baca.G, y otros, 2014, pág. 68)
- **Muda:** “La palabra japonesa MUDA se refiere especialmente al desperdicio”. (Fernández.M, 2014, pág. 104)
- **Trafo:** Abreviatura del término transformador usada en el rubro eléctrico.

## 2.4. Hipótesis

### 2.4.1 Hipótesis General

- a) La propuesta de aplicación de la manufactura esbelta mejorará la productividad del proceso de elaboración de núcleo del transformador de distribución.

### 2.4.2 Hipótesis secundarias

- a) La aplicación de la herramienta SMED reduce el tiempo del proceso de elaboración de núcleo del transformador de distribución.
- b) La aplicación del mantenimiento autónomo incrementa la eficiencia de las maquinas del proceso de elaboración de núcleo del transformador de distribución.
- c) La aplicación de la herramienta trabajo estándar incrementa la capacidad de producción del proceso de elaboración de núcleo del transformador de distribución.

## 2.5. Variables

### 2.5.1. Definición conceptual de las variables

#### **Variables independientes**

- Manufactura esbelta: Conjunto de herramientas para eliminar actividades que no agreguen valor en el proceso; para mejorar la calidad del producto o servicio, reducir tiempos de ciclos de los procesos, reducir costos para mayor satisfacción de los clientes y generar mayores utilidades a la empresa.
- SMED: Reducir los tiempos de cambios en el proceso productivo, elevando la efectividad global de los equipos (OEE), teniendo como objetivo realizar cualquier cambio de herramienta en menos de 10 minutos para ello las maquinas tienen que estar rápidamente preparadas.
- Mantenimiento autónomo: “La filosofía básica del mantenimiento autónomo es que la persona que opera con un equipo productivo se ocupe de su mantenimiento”. (Cuatrecasas.L & Torrel.F, 2010, pág. 131).
- Trabajo estándar: “Conjunto de procedimientos de trabajo que establecen el mejor método y secuencia para cada proceso. La hoja de trabajo estandarizado ayuda a ilustrar la secuencia de operaciones dentro del proceso, incluyendo el tiempo de ciclo”. (Guevara.E & Zegarra.R, 2015, pág. 29)

**Variables dependientes** (Definiciones en la matriz de operacionalización, ver tabla 02)

- Productividad
- Reducción de tiempo
- Incremento de eficiencia
- Incremento de capacidad

2.5.2. Operacionalización de las variables

Tabla 2: Operacionalización de variables dependientes

<b>Variable Dependiente</b>	<b>Indicador</b>	<b>Definición Conceptual</b>	<b>Definición Operacional</b>
Productividad		Relación de la producción del producto y la cantidad recursos empleados	Sistema Pointer
Reducción de tiempo	% Reducción de tiempo	Asegurar el flujo continuo y eficiente del proceso	$\% \text{ reducción de tiempo} = \frac{\text{tiempo total actual} - \text{tiempos total mejorado}}{\text{tiempo total actual}}$
Incremento de Eficiencia	% OEE	Conjunto de actividades preventivas con el objetivo de aumentar al máximo posible la vida útil de la máquina	Sistema Pointer $\% \text{ OEE} = \text{rendimiento} \times \text{calidad} \times \text{disponibilidad}$
Incremento de capacidad	% Capacidad de producción	Volumen de productos que se puede producir en un período determinado.	Sistema Pointer $\% \text{ capacidad de producción} = \text{tasa de producción teórica por hora} \times \text{tasa de rendimiento} \times \text{tasa de eficiencia} \times 8 \text{ horas por turno}$

Fuente: Elaboración propia

## **CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

### **3.1. Tipo y nivel de la investigación**

Esta investigación fue de tipo aplicada porque está orientada a “resolver problemas”. (Hernández.R, Baptista.P, & Fernández.C, 2014, pág. 24), aplicando el conocimiento de la metodología de manufactura esbelta con el fin de generar mayor rentabilidad a la empresa.

El método utilizado fue explicativo debido a que busca identificar y analizar cuáles son las causales de la variable independiente y desarrollar los resultados de la variable dependiente.

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. (Hernández.R, Baptista.P, & Fernández.C, 2014, pág. 95)

### **3.2. Diseño de la investigación**

El diseño de la investigación fue cuasiexperimental porque “Manipulan deliberadamente, al menos, una variable independiente para observar su efecto sobre una o más variables dependientes”. (Hernández.R, Baptista.P, & Fernández.C, 2014, pág. 151).

La investigación tuvo un enfoque cuantitativo porque “Utiliza la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin establecer pautas de comportamiento y probar teorías”. (Hernández.R, Baptista.P, & Fernández.C, 2014, pág. 4) Por ello se tomarán datos de las hojas de control de tiempos de la elaboración del transformador de distribución enfocándonos en el proceso de elaboración de núcleo del semestre 2018- II.

### **3.3. Población y muestra**

La población de la investigación correspondió al área de producción de transformadores de distribución que comprenden los procesos de elaboración de núcleo, construcciones metálicas, granallado, pintado, elaboración de bobina, montaje, conexionado y control de pruebas de calidad, con un total de 90 trabajadores.

Se tomó como muestra el área de elaboración del núcleo en la línea de producción de transformadores de distribución, con 4 trabajadores.

### 3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

#### 3.4.1. Tipos de técnicas e instrumentos

Los tipos y técnicas de instrumentos utilizados en la investigación son las siguientes (ver tabla 3):

Tabla 3: Técnicas e instrumentos de la investigación

<b>TÉCNICAS</b>	<b>INSTRUMENTOS</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Observación directa para el levantamiento de información del proceso de investigación.</li> <li>- Entrevista con los operarios del proceso, supervisor y jefe del área producción con el fin de obtener un amplio panorama de los problemas, causas y efectos del proceso.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cronómetro nos sirve para la toma de tiempos del proceso.</li> <li>- Fichas de registros nos permite recolectar y registrar los datos.</li> </ul>

Fuente: Elaboración Propia

#### 3.4.2. Criterios de validez y confiabilidad de los instrumentos

El sistema ERP Pointer, nos brindó información cuantitativa de las actividades del proceso productivo, el cual es llenado semanalmente por el supervisor del área.

La entrevista y observación directa permitió levantar información cualitativa del proceso de elaboración de núcleo; el jefe de producción, supervisor y el personal de área estuvieron dispuestos a colaborar para que la investigación sea veraz. Los anexos del 2 al 21 muestran los formatos y las fichas de evaluación de los instrumentos que validan que son aplicables y fiables.

#### 3.4.3. Procedimientos para la recolección de datos

- a) Fuentes de recolección de datos: Se recolecto información según las fuentes primarias y secundarias, para la fuente primaria se utilizó el sistema ERP Pointer obteniendo información cuantitativa de la data histórica del proceso y para la fuente secundaria se realizó visitas a la empresa para recolectar de información.
- b) Métodos de recolección de datos: Se recolecto información mediante la observación directa y entrevistas con los operarios del proceso, supervisor y jefe del área de producción.

c) Escalas de medición de las variables: Se realizó mediante dos factores importantes, la validez y confiabilidad.

### 3.5. Técnicas para el procesamiento y análisis de la información

La información obtenida se procesó utilizando los siguientes programas:

- Excel, versión 2013
- Visio, versión 2013
- Bizagi, versión 2013
- IBM SPSS Statistics 25

En el cual se obtuvo los resultados a través de gráficos, tablas y diagramas para el análisis estadístico y el análisis de contenido descriptivo.

## **CAPÍTULO IV: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### 4.1 Diagnóstico y situación actual

#### 4.1.1. Descripción de la empresa

Empresa peruana de rubro eléctrico con más de 60 años en el mercado, con tres líneas de negocio en la fabricación y comercialización de transformadores eléctricos de distribución y potencia, obras y servicios electromecánicos y comercialización de equipos de accionamiento, con una infraestructura adecuada para la fabricación y comercialización de transformadores de distribución con rangos de potencia desde 37.5 KVA y menores a 4000KVA , y para transformadores de potencia desde 4000KVA hasta 125MKVA. Además, aplica una tecnología y diseños propios que garantizan la confiabilidad del transformador y utiliza materiales importados durante todo el proceso de fabricación, el cual es verificado y controlado por el sistema de gestión de calidad con el que cuenta.

Actualmente se trabaja con 17 clientes a nivel nacional, donde es homologada constantemente por empresas acreditadas como SGS, MEGA, entre otros, a solicitud de los clientes. Esta empresa está constituida por 195 trabajadores entre puestos administrativos y operativos (supervisores de planta, operarios, técnicos de obras y servicios), donde la producción mensual es de 35 órdenes de trabajo para trafos de distribución y potencia, cabe recordar que es una producción por proyecto y se tiene como ingreso promedio por año 64'767,117 soles. Hacemos hincapié que la empresa cuenta con la tri-norma (OHSAS 18001:2007, ISO 14001:2015 e ISO 9001:2015).

#### **Líneas de Negocio de la empresa**

a) Línea de transformadores eléctricos

Gama de fabricación de transformadores eléctricos hasta 400MVA y 500kv, cuenta con tecnología de alta gama logrando fabricar transformadores con errores menores al 1%.

b) Línea de obras electromecánicas

Brinda asesoría técnica acorde a las condiciones de trabajo, elaborando y ejecutando obras de baja, media y alta tensión.

c) Línea de servicios electromecánicos

Prestación de servicios electromecánicos en general, la empresa cuenta con un staff de ingenieros de primer nivel para realizar el diagnóstico a los sistemas

instalados para lograr convertirse en soluciones garantizando la eficiencia y confiabilidad de sus sistemas de energía de los clientes

d) Línea de comercialización de equipos de accionamientos

Comercialización de equipos eléctricos de baja y media tensión, suministrando a las empresas accionamientos para todo tipo de aplicaciones industriales

### **Productos**

a) Transformadores de distribución:

Trafo que tiene rangos de potencia desde 37.5 KVA hasta 4000KVA, ya sea en monofásico o trifásico. La aplicación de estos trafos es proyectada para montajes en postes para alimentar edificios, almacenes y centros comerciales.

b) Transformadores de potencia

Trafo que tiene rangos de potencia desde 4000KVA hasta 125MKVA. La aplicación de estos trafos es empleado en las redes de transmisión y distribución de sub-estaciones eléctricas.

#### 4.1.2 Procesos de la línea de fabricación de transformadores de la empresa

Para la fabricación de la línea de transformadores de distribución se tiene dos procesos (Figura 5), de los cuales dos son procesos estratégicos, cinco son procesos operacionales y cinco son procesos de soporte.

#### **Procesos Estratégicos**

- Sistema integrado de gestión

Gestión de la ISO9001, ISO14001 y las OHSAS 18001, teniendo como finalidad asegurar la calidad en los productos, no generar un impacto negativo en el medio ambiente y velar por la seguridad de los trabajadores.

- Alta gestión

Gestión de los proyectos de mejora continua en la empresa para lograr mejorar la productividad, reducción de costos y satisfacción de las necesidades del cliente.

#### **Procesos Operativos**

- Ventas

Se encarga de recepcionar los requisitos de los clientes nacionales para la fabricación de los productos y mide la satisfacción del cliente.

- **Diseño**  
Realización del diseño del producto según las especificaciones del requerimiento del cliente, el diseño aprobado por el cliente se procesa para la generación de la orden de producción.
  - **Producción**  
Se encarga del proceso productivo de la empresa a partir de una orden producción, recepciona materias primas y transformándolas mediante el proceso de núcleo, proceso de bobinado proceso de construcciones metálicas, proceso de pintura, proceso de montaje y conexionado añadiendo valor al producto terminado.
  - **Control de calidad**  
Pruebas del funcionamiento según el voltaje del transformador solicitado por el cliente y verificación de la calidad del producto terminado, el cliente tiene que estar presente cuando se realiza el control de calidad para autorizar el cumplimiento del pedido.
  - **Despacho**  
Transporte del producto de la planta de fabricación de la empresa al destino final solicitado por el cliente.
- Procesos de Soporte**
- **Mantenimiento de equipos e infraestructura**  
Gestión de los mantenimientos preventivos y correctivos de la empresa a sus maquinarias e infraestructura, contando personal calificado.
  - **Compras**  
En este proceso se adquiere los insumos y servicios que requiere la empresa, así mismo se encarga de controlar los niveles de stock del almacén de insumos.
  - **Gestión humana**  
Se encarga del reclutamiento, selección, capacitación, inducción, contratación y desvinculación del personal administrativo y operativo de la empresa.
  - **Informática**  
Se realiza las actualizaciones, mantenimiento y reparaciones de los sistemas de información y equipos informáticos de la empresa.
  - **Marketing**  
Indican las necesidades de los clientes para poder satisfacerlos según sus necesidades mediante el producto que ofrece la empresa.



Figura 5: Mapa de macro procesos de la línea de fabricación de transformadores  
Fuente: Elaboración propia

#### 4.1.3 Diagnóstico del área de producción

La población de estudio de la investigación es el área de producción de la empresa la cual está conformada por el proceso de elaboración de núcleo, proceso de bobinado, proceso de construcciones metálicas, proceso de pintura, proceso de montaje y conexionado (ver figura 6); se aplicara la metodología lean manufacturing al proceso de elaboración de núcleo debido a que tiene menor porcentaje de cumplimiento de entrega al cliente interno (ver tabla 5) por no cumplir con los tiempos estándares por proceso establecidos (ver tabla 4) generando que el lead time del producto aumente y el incremento de horas hombres por los costos del nivel de incumplimiento de entrega (ver tabla 6).

Tabla 4: Tiempos estándares de los procesos de producción

<b>Procesos de producción</b>	<b>Tiempo estándar (hr)</b>	<b>Tiempo estándar (días)</b>
Núcleo	24	1.5
Bobinado	20	1.3
Construcciones metálicas	20	1.3
Pintura	12	0.8
Montaje y conexionado	36	2.3
<b>Total</b>	<b>112</b>	<b>7</b>

Fuente: Elaboración propia

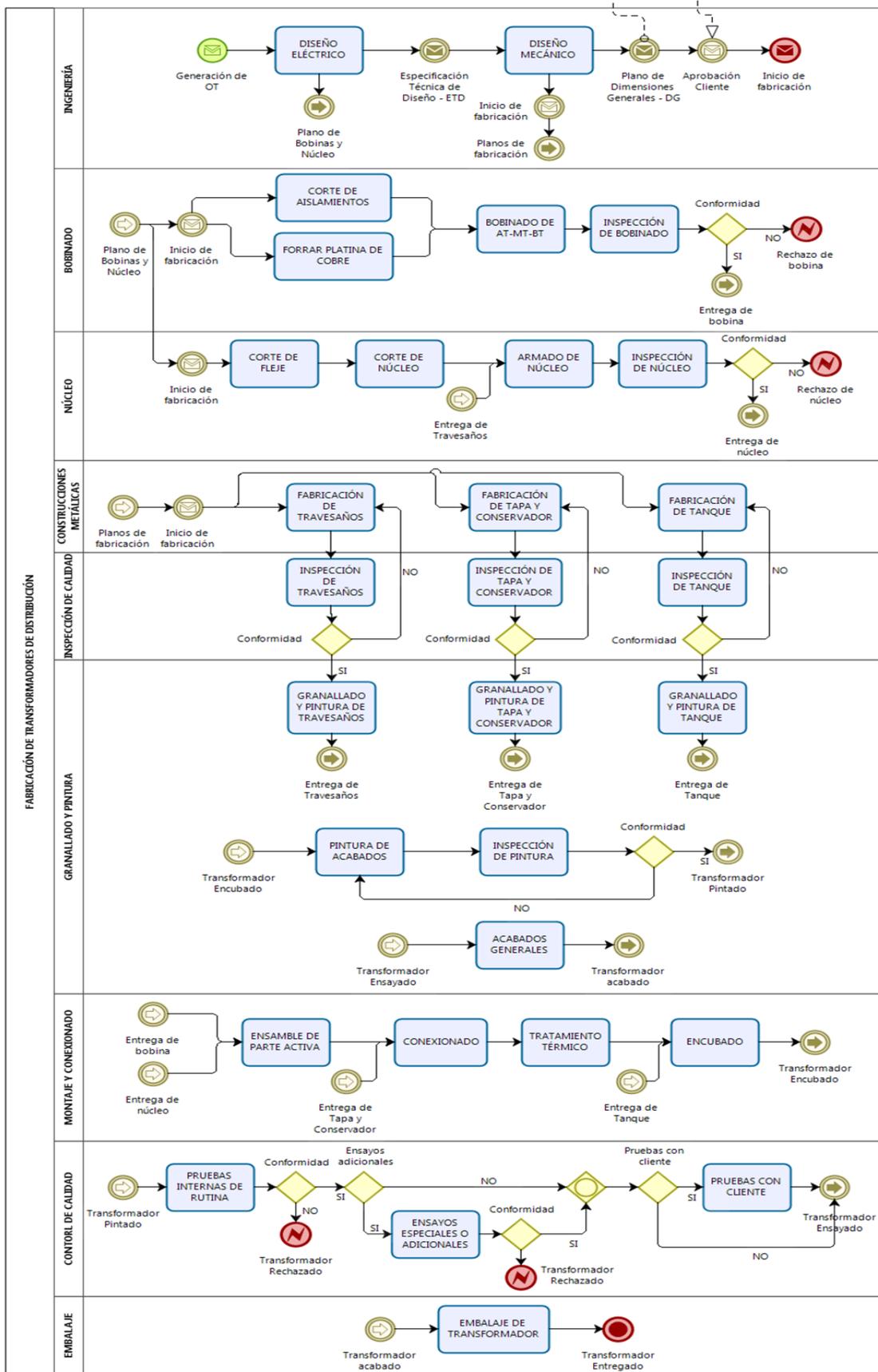


Figura 6: Diagrama de flujo del proceso de producción  
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 5: Porcentaje del nivel de cumplimiento de entrega

Procesos de producción	Tiempo estándar	Jul-18	Ago-18	Set-18	Oct-18	Nov-18	Dic-18	Promedio
Montaje y conexionado	36	100%	99%	98%	99%	98%	100%	99%
Núcleo	24	80%	92%	80%	83%	86%	89%	85%
Bobinado	20	99%	99%	98%	98%	99%	98%	99%
Construcciones metálicas	20	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Pintura	12	98%	99%	97%	96%	98%	98%	98%
<b>Nivel de cumplimiento de entrega</b>	<b>112</b>	<b>95%</b>	<b>98%</b>	<b>95%</b>	<b>95%</b>	<b>96%</b>	<b>97%</b>	<b>96%</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6: Costos de nivel de incumplimiento de entrega

Procesos de producción	Jul-18	Ago-18	Set-18	Oct-18	Nov-18	Dic-18	Total
Montaje y conexionado	S/. -	S/. 97.65	S/. 195.30	S/. 83.70	S/. 153.45	S/. -	S/. 530.10
Núcleo	S/. 1,023.00	S/. 520.80	S/. 1,302.00	S/. 962.07	S/. 730.71	S/. 620.00	S/. 5,158.58
Bobinado	S/. 42.62	S/. 54.25	S/. 108.50	S/. 93.00	S/. 42.62	S/. 93.00	S/. 434.00
Construcciones metálicas	S/. -	S/. -	S/. -	S/. -	S/. -	S/. -	S/. -
Pintura	S/. 51.15	S/. 32.55	S/. 97.65	S/. 111.60	S/. 51.15	S/. 55.80	S/. 399.90
Costo de nivel de incumplimiento	S/. 1,116.78	S/. 705.25	S/. 1,703.45	S/. 1,250.37	S/. 977.94	S/. 768.80	S/. 6,522.58
Total de pedidos por mes	11	14	14	12	11	12	74

Fuente: Elaboración propia

## Análisis de Pareto de los costos del nivel de incumplimiento

Se realizó el análisis a los procesos del área de producción de la línea de transformadores de distribución.

Tabla 7: Cuadro de costos de nivel de incumplimiento de entrega

Procesos de producción	Costo de nivel de incumplimiento	Participación	Acumulado
Núcleo	S/. 5,158.58	79%	79%
Pintura	S/. 399.90	6%	85%
Montaje y conexonado	S/. 530.10	8%	93%
Bobinado	S/. 434.00	7%	100%
Construcciones metálicas	S/. -	0%	100%
Total	S/. 6,522.58	100%	

Fuente: Elaboración propia

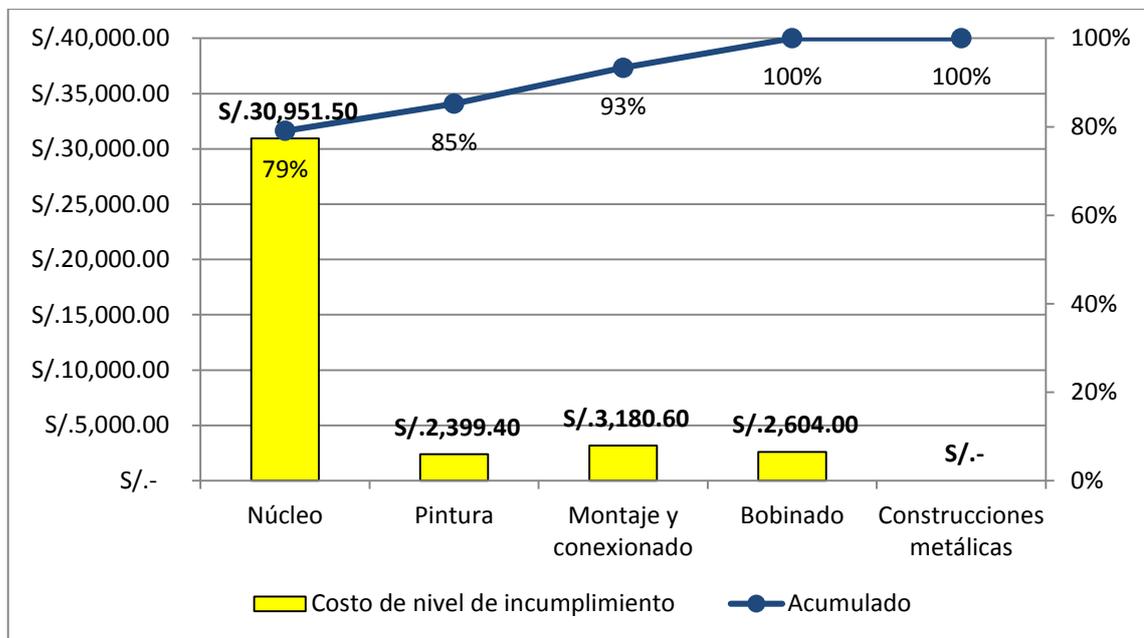


Figura 7: Gráfico de Pareto de los costos de nivel de incumplimiento de entrega

Fuente: Elaboración propia

El 79% del nivel de incumplimiento de entrega es debido al proceso de núcleo (ver tabla 7 y figura 6); por ello el trabajo de investigación se centrará en dicho proceso en fin de reducir los tiempos y costos, por ende, aumentar la productividad del proceso.

#### 4.1.4 Proceso de elaboración de núcleo

Es el primer proceso en realizarse en el área de producción teniendo tres subprocesos que son el subproceso de pre-corte, el sub proceso de corte y el sub proceso de armado los cuales tienen los siguientes outputs flejes de acero magnético, láminas de acero y el núcleo del transformador de distribución (ver figura 08), teniendo como objetivo satisfacer el pedido de producción elaborando el núcleo en el tiempo y cantidades solicitadas, el alcance del proceso es la obtención de la materia prima que es la bobina de acero silicoso hasta la disponibilidad del núcleo en el proceso de conexionado.

En la ficha de caracterización y análisis del proceso se identificó como único proveedor el almacén de materias primas de la empresa que coordina directamente con el área de compras y planeamiento para el abastecimiento, la bobina de acero silicoso como elemento de entrada, las actividades de los sub procesos de pre corte, corte y armado de núcleo para obtener como producto terminado el núcleo y entregar al área de conexionado siendo este el cliente interno del proceso, tomando en cuenta los criterios de operación, controles y recursos del proceso. (ver tabla 8)

El problema principal del proceso de elaboración de núcleo es la baja productividad detectado en la figura 9 teniendo como causa principal el elevado tiempo de ciclo del proceso causado por:

La falta de eficiencia de las máquinas debido a la falta de un plan de mantenimiento autónomo y la falta de calibración de las máquinas ocasiona paradas imprevistas en las máquinas, también la ineficiencia de las máquinas se debe al elevado tiempo de preparación de las máquinas por los largos tiempos empleados en el cambio de utensilios. La baja capacidad de producción es debido que el proceso no se encuentra estandarizado causando tiempos muertos, tiempo de espera y cuellos de botella, también se identificó la mala distribución de planta en el proceso generando congestión y deficiente utilización del espacio, excesivas distancias a recorrer el flujo del trabajo y simultaneidad de cuellos de botella.

El efecto principal del problema es el elevado costo de operación por el incremento en el costo de horas máquinas y horas hombres generando que la empresa no tenga una ventaja competitiva en el mercado.

Tabla 8: Ficha de caracterización y análisis del proceso de elaboración de núcleo

### FICHA DE CARACTERIZACIÓN Y ANÁLISIS DE PROCESO

<b>NOMBRE DEL PROCESO</b>	<i>Proceso de elaboración de núcleo</i>			
<b>RESPONSABLE</b>	<i>Supervisor de producción</i>			
<b>S</b>	<b>I</b>	<b>P</b>	<b>O</b>	<b>C</b>
<b>PROVEEDORES</b>	<b>ENTRADAS</b>	<b>ACTIVIDADES DEL PROCESO</b>	<b>SALIDAS</b>	<b>CLIENTES</b>
<i>Almacén de materia prima</i>	<i>Bobina de Acero Silicoso</i>	<i>Colocar la bobina en la maquina Yodder</i>	<i>Núcleo</i>	<i>Supervisor de conexionado</i>
		<i>Precorte de las planchas de la bobina</i>		
		<i>Almacernar la bobina precortada</i>		
		<i>Colocar la bobina precortada en la maquina MTM</i>		
		<i>Corte de bobina precortada en laminas</i>		
		<i>Corte de las laminas en columna central</i>		
		<i>Corte de las laminas en Yugos y columnas laterales</i>		
		<i>Almacenar las laminas</i>		
		<i>Colocar las laminas en la mesa de trabajo</i>		
		<i>Armado del núcleo</i>		
		<i>Aplicar resina al yugo inferior y a la columnas</i>		
<i>Enfriar el núcleo</i>				
<b>CONTROLES</b>	<b>CRITERIOS DE OPERACIÓN</b>	<b>RECURSOS</b>		
<i>Control de calidad de la materia prima</i>	<i>Parámetros de calidad del producto conforme</i>	<i>Operarios del proceso de núcleo</i>		
<i>Tiempo de ciclo del pedido</i>	<i>Calibración de las maquinarias</i>	<i>Maquina Yodder</i>		
<i>% Avance de orden de trabajo</i>		<i>Maquina MTM</i>		
<i>% Mermas por pedido</i>		<i>Mesa de trabajo</i>		
<i>Control de calidad del producto terminado</i>		<i>Planta del área de nucleo</i>		

Fuente: Elaboración propia

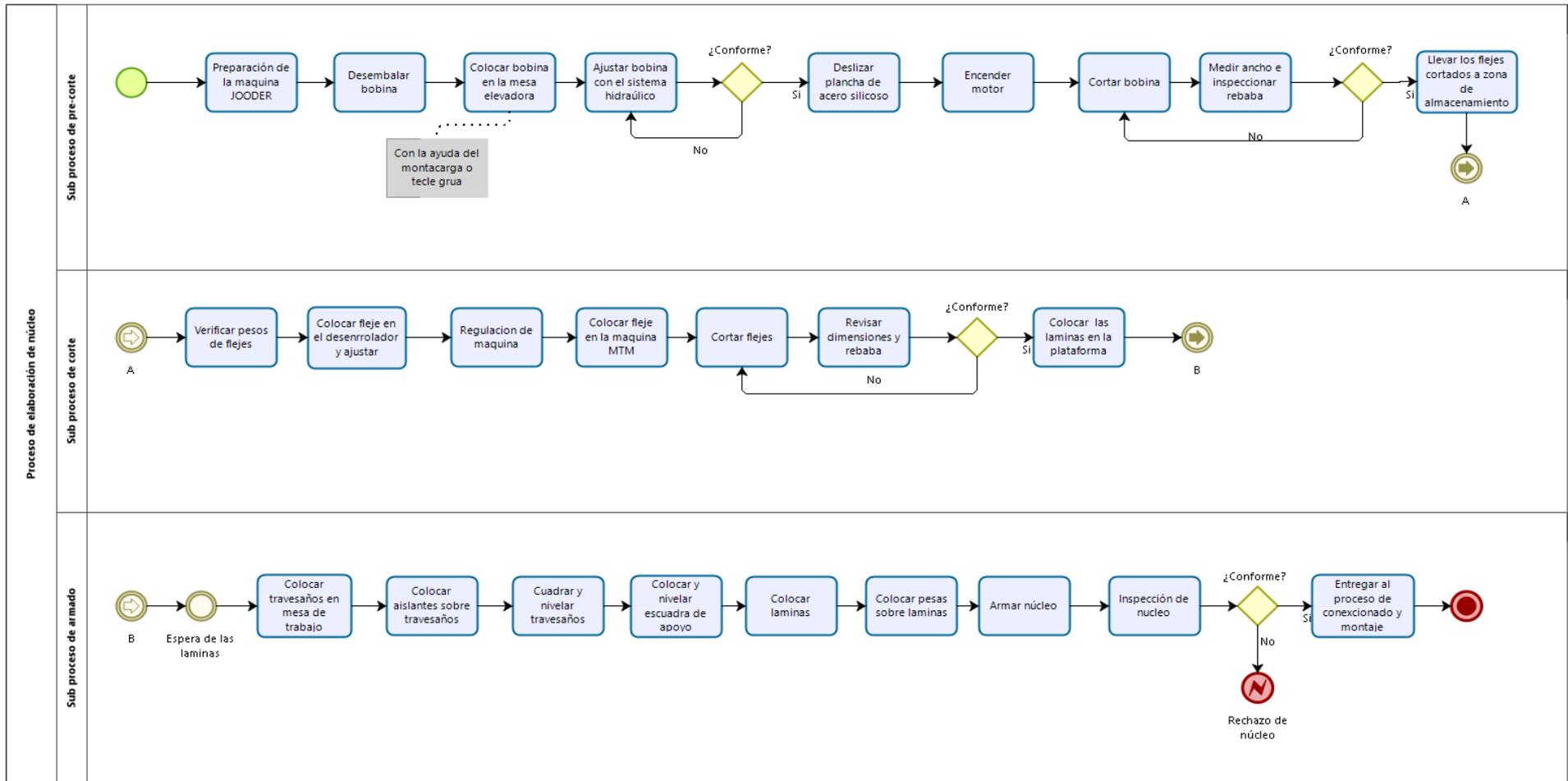


Figura 8: Diagrama de flujo del proceso de elaboración de núcleo  
Fuente: Elaboración propia

**Identificación de los problemas del proceso de elaboración de núcleo**

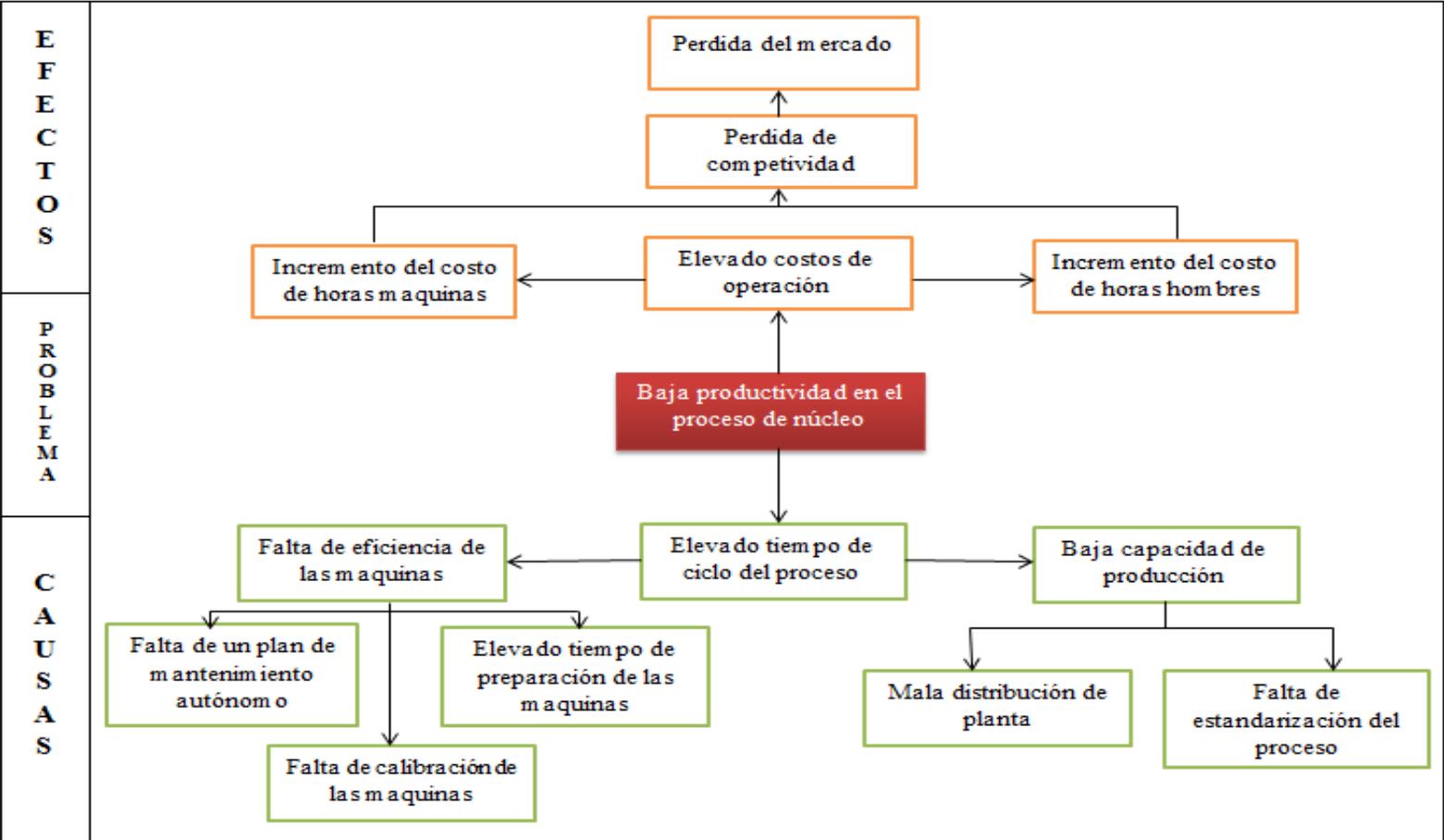


Figura 9: Árbol de problemas  
Fuente: Elaboración propia

## 4.2. Desarrollo del Plan Estratégico

Para la aplicación de la manufactura esbelta la metodología está basada en 3 fases, la cual tiene 8 etapas en total.

### Primera Fase: Preparación

- a) Primera etapa: Comprometerse con la manufactura esbelta

El proyecto de investigación se expondrá a la alta gerencia con el fin de obtener el compromiso de esta, establecer los objetivos y metas.

- b) Segunda etapa: Seleccionar el flujo de valor

En esta etapa se encontró el proceso que tienen mayor impacto en el área de producción y que genera mayor impacto a la implementación (ver punto 5.1.3).

- c) Tercera etapa: Aprender acerca de la manufactura esbelta

El equipo del proyecto de investigación se encargará de realizar las capacitaciones al personal involucrado con la implementación sobre la metodología de la manufactura esbelta, los 8 desperdicios y las herramientas de la manufactura esbelta.

La implementación contará con un líder de implementación, un comité evaluador y será ejecutado por los frentes (ver Figura 10).

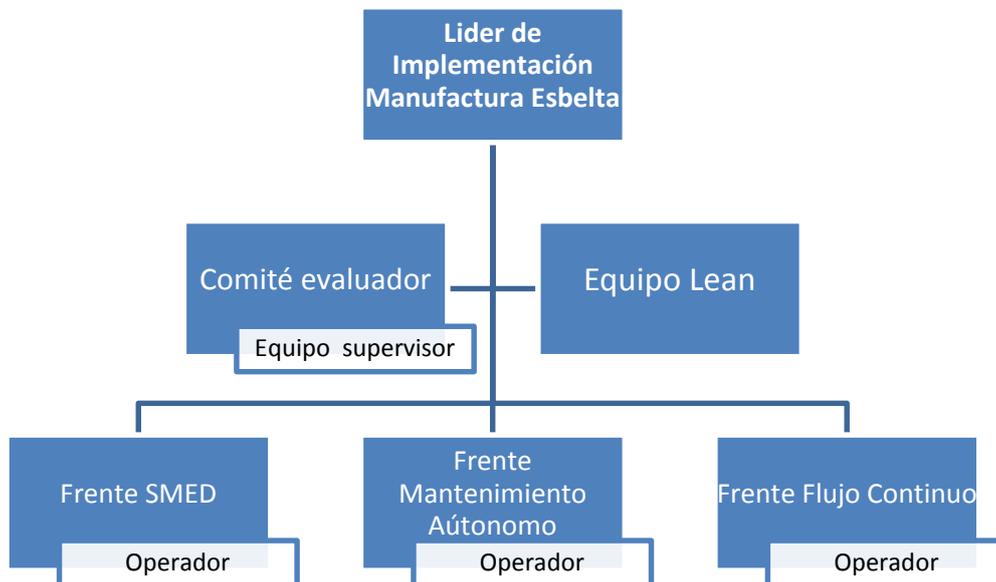


Figura 10: Estructura organizativa propuesta

Fuente: Elaboración Propia

- Comité evaluador: Será formado por el jefe de producción y el Supervisor del proceso los cuales gestionarán los recursos necesarios para la implementación del proyecto de investigación y auditarán el desarrollo.

- Equipo Lean: Equipo formado por tres ingenieros capacitados con la metodología de manufactura esbelta.
- Frente: Los operadores del proceso conformaran los frentes según las herramientas implementadas y ejecutaran la implementación.

### **Segunda fase: Diagnostico del proceso**

#### d) Cuarta etapa: Mapear el flujo de valor actual

Se utiliza la herramienta del Mapa de Flujo de Valor (VSM) para identificar las actividades tienen mayor impacto de la elaboración de núcleo del transformador de distribución y la información complementaria del proceso como el tiempo de ciclo, número de personas, disponibilidad del equipo que sirve para calcular el Takt Time según la demanda, tiempo de ciclo y el tiempo disponible del proceso.

Se realizó el levantamiento de la información por procesos para la aplicación de la herramienta de Mapa de Flujo de Valor (VSM) en la Figura 11. Obteniendo los siguientes defectos del proceso:

#### **Desorden en el proceso**

- Desorden en zonas aledañas a las maquina JODER y maquina MTM.
- Aspecto sucio de las maquinas
- Pasillos ocupados y herramientas sueltas

#### **Paradas de máquina**

- La disponibilidad, rendimiento y la calidad de la maquina JODER y MTM se ve afectada por averías y fallas de operación.

#### **Tiempo de preparación y ajustes**

- Elevado tiempo de cambios de herramientas para la preparación de las maquinas
- Ajustes imprevistos en las maquinas

#### **Defectos en el proceso**

- Elevada tasa de defectos ocurridos en la sub proceso de armado debido a la falta de estandarización de parámetros.

#### **Tiempos muertos**

- Demora de atención del requerimiento de la materia prima por el área de almacén para comenzar el proceso de elaboración de núcleo.
- Manejo de la maquina MTM por el operario no necesita que el controle la maquina solo supervisión; tiempo muerto por parte del operario de la máquina.

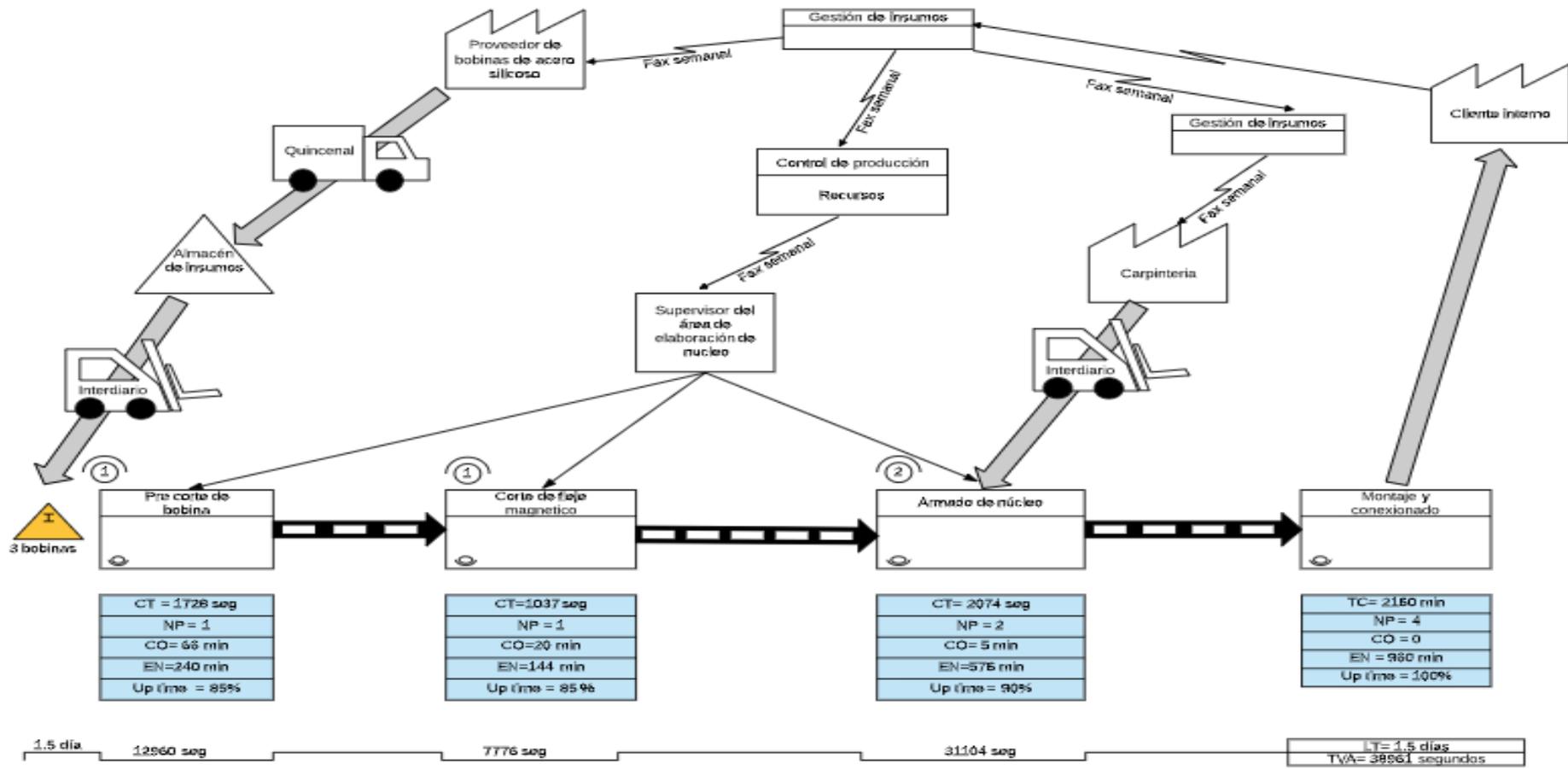


Figura 11: Mapa de Flujo de Valor Actual  
Fuente: Elaboración Propia

e) Quinta etapa: Identificar medibles de la manufactura esbelta

Se calculó los siguientes resultados en la figura 11:

Sub-proceso de pre- corte de bobinas

- Tiempo de ciclo (CT) = 1728 segundos
- N<sup>a</sup> de personas (NP) = 1 persona
- Set up o cambios de utillaje (CO) = 66 min
- Tiempo disponible (EN) = 240 min
- Disponibilidad del equipo (Up time) = 85%

Sub-proceso de corte de flejes magnéticos

- Tiempo de ciclo (CT) = 1037 segundos
- N<sup>a</sup> de personas (NP) = 1 persona
- Set up o cambios de utillaje (CO) = 20 min
- Tiempo disponible (EN) = 144 min
- Disponibilidad del equipo (Up time) = 85%

Sub-proceso de armado de núcleo

- Tiempo de ciclo (CT) = 2074 segundos
- N<sup>a</sup> de personas (NP) = 2 persona
- Set up o cambios de utillaje (CO) = 5 min
- Tiempo disponible (EN) = 576 min
- Disponibilidad del equipo (Up time) = 90%

f) Sexta etapa: Mapear el flujo de valor futuro

Se utilizará la herramienta del Mapa de Flujo de Valor (VSM) para representar la situación de la implementación deseada logrando un flujo continuo mejorando la calidad y el tiempo estimado, logrando reducir el lead time de 1.50 días a 1.25 días con las herramientas SMED, mantenimiento autónomo y trabajo estándar (ver figura 12).

Cálculo del Takt Time o Ritmo de la Producción en función a la demanda

**Takt Time:** Tiempo disponible / demanda

**Takt Time:** (16 Hr/Día) / (1 pieza/día)

**Takt Time:** 16 Hr/ pieza

**Takt Time:** 57600 seg/ pieza

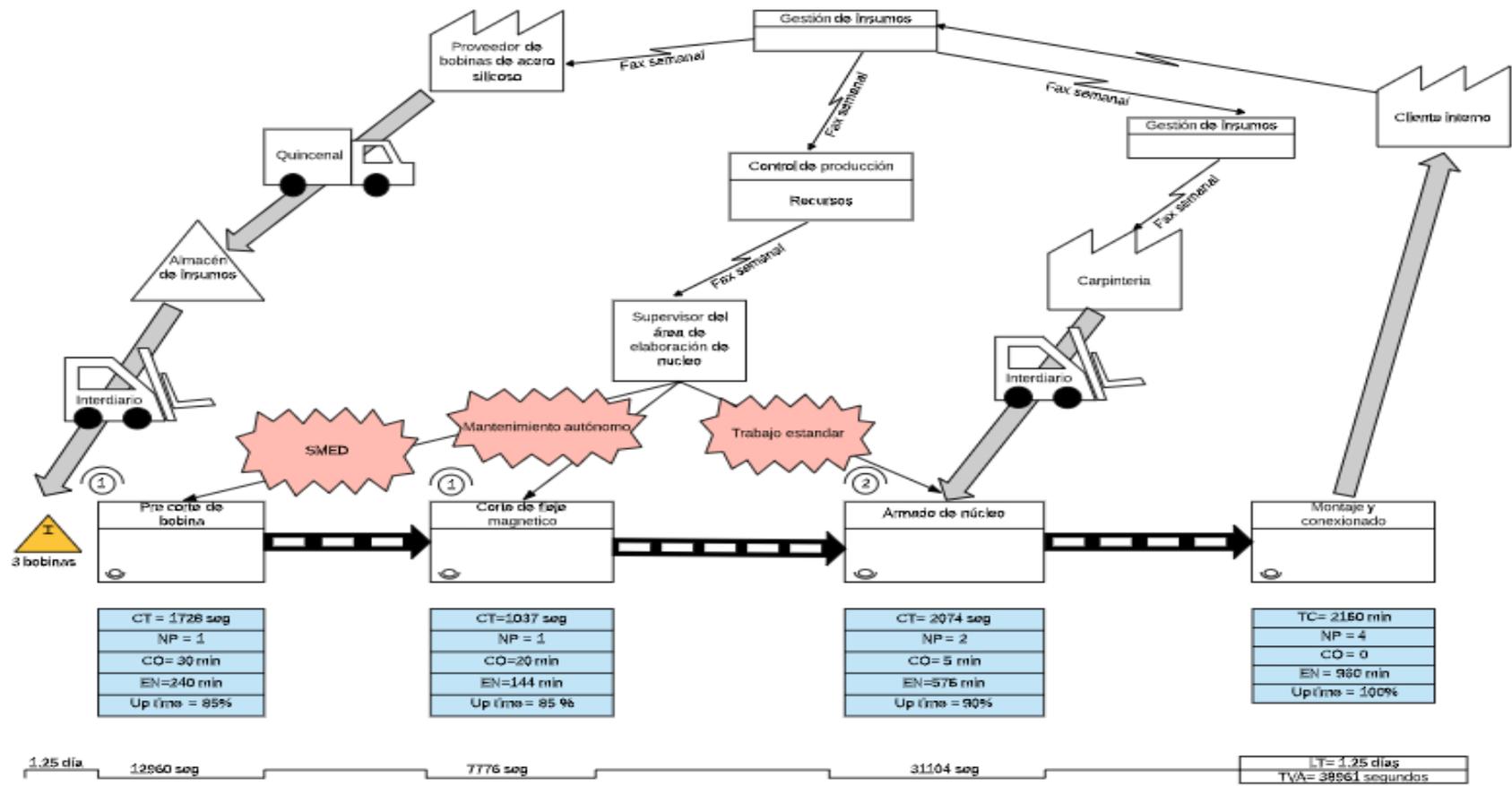


Figura 12: Mapa de Valor Futuro  
Fuente: Elaboración Propia

### Tercera fase: Implementación

a) Séptima etapa: Crear planes de mejora

Se definiera las herramientas a utilizar según priorización de los desperdicios encontrados en el VSM y se definirá los indicadores para cada herramienta a implementar para evaluar el as is y el to be.

#### Priorización de herramientas de la manufactura esbelta

Debido a las ineficiencias que existen en el proceso de elaboración de núcleo no es posible un flujo continuo por seis causas identificadas en el VSM que son las averías en las máquinas, tiempo de preparación y ajustes de las máquinas, paradas menores, desorden en el proceso, perdidas de velocidad y defectos del proceso (ver tabla 9).

Tabla 9: Participación de los desperdicios en el proceso de elaboración de núcleo

Desperdicios de producción	Cantidad al mes	Participación	Acumulado
Tiempo de preparación y ajustes	10	30%	30%
Averías	9	27%	58%
desorden en el proceso	8	24%	82%
Paradas menores	3	9%	91%
defectos del proceso	3	9%	100%
<b>Total</b>	<b>33</b>	<b>100%</b>	

Fuente: Elaboración propia

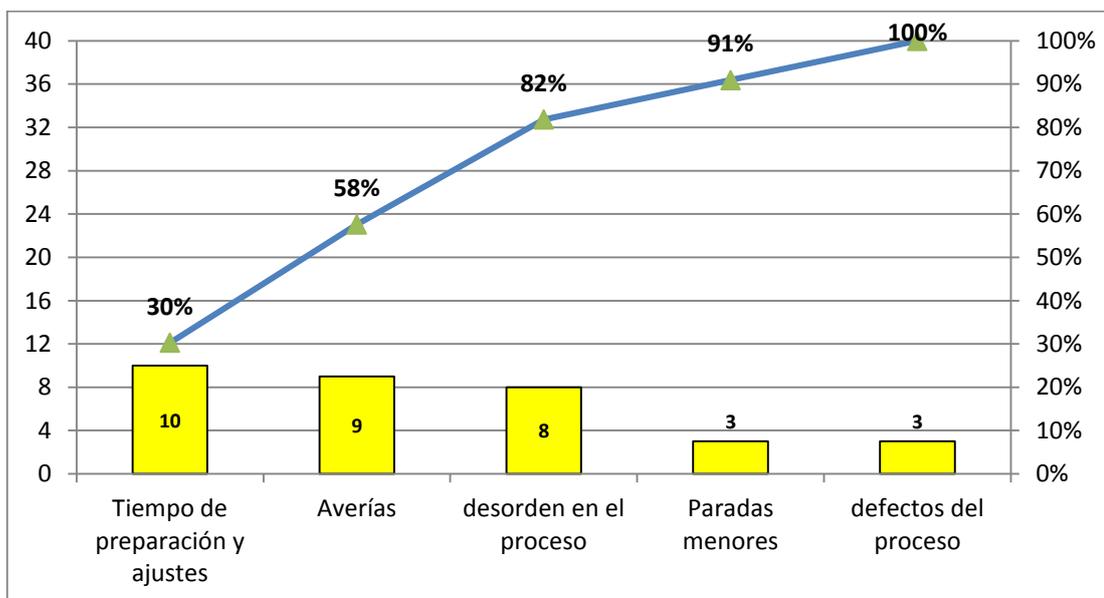


Figura 13: Grafico de Pareto de tipos de pérdidas en el proceso de elaboración núcleo

Fuente: Elaboración Propia

En la figura 13 el tiempo de preparación de ajustes, las averías, el desorden en el proceso representa las principales causas de los desperdicios del proceso siendo el 82% de las causas del proceso y generando un mayor impacto.

De esta manera para resolver los problemas encontrados en el proceso se implementará la herramienta SMED, mantenimiento autónomo y trabajo estándar.

### **Determinación de métricas de la manufactura esbelta**

Las métricas servirán de línea base para medir los beneficios logrados con la implementación. En la Tabla 10 se muestran los valores actuales y los esperados.

Tabla 10: Métricas de la manufactura esbelta

Indicadores	Actual	Futuro	
		Optimista	Pesimista
OEE (Eficiencia general de las maquinas)	50%	70%	60%
Tiempo de ciclo del proceso	28 hr	20 hr	24 hr
Capacidad de producción	12 und	16 und	14 und

Fuente: Elaboración Propia

A continuación, se muestra en detalle las métricas anteriormente mostradas:

- OEE (Eficiencia general de las maquinas)

Métrica principal para dar seguimiento del flujo de valor del proceso según el rendimiento, disponibilidad y calidad de las máquinas. Los datos son recolectados mediante el sistema Pointer de la empresa.

El OEE promedio del semestre- II del 2018 del proceso de elaboración de núcleo fue de 50%.

- Tiempo del proceso

El tiempo de ciclo del proceso de elaboración de núcleo actualmente es de 30 horas debido a que el tiempo estándar establecido por la empresa para el proceso es de 24 horas, pero hay una desviación promedio del 16% por el nivel de incumplimiento de entrega (ver tabla 5) debido a los defectos en el proceso.

- Capacidad de producción

Para el semestre –II del 2018 se realiza doble jornada del personal de producción teniendo en cuenta que cada jornada tiene una duración 8 horas productivas.

En la figura se visualiza la capacidad de producción del semestre evaluado teniendo como capacidad de producción promedio actual de 12 unidades por la doble jornada trabajada.

Tabla 11: Capacidad de producción del semestre II – 2018

Meses	Tiempo normal (min)	Eficiencia de la mano de obra	Factor de merma inherente	Capacidad de Producción - mensual
jul-18	1800	94%	97%	12
ago-18	1560	96%	97%	14
sep-18	1800	94%	95%	11
oct-18	1740	94%	96%	12
nov-18	1680	94%	95%	12
dic-18	1620	96%	96%	13
<b>Promedio</b>	<b>1700</b>	<b>95%</b>	<b>96%</b>	<b>12</b>

Fuente: Elaboración Propia

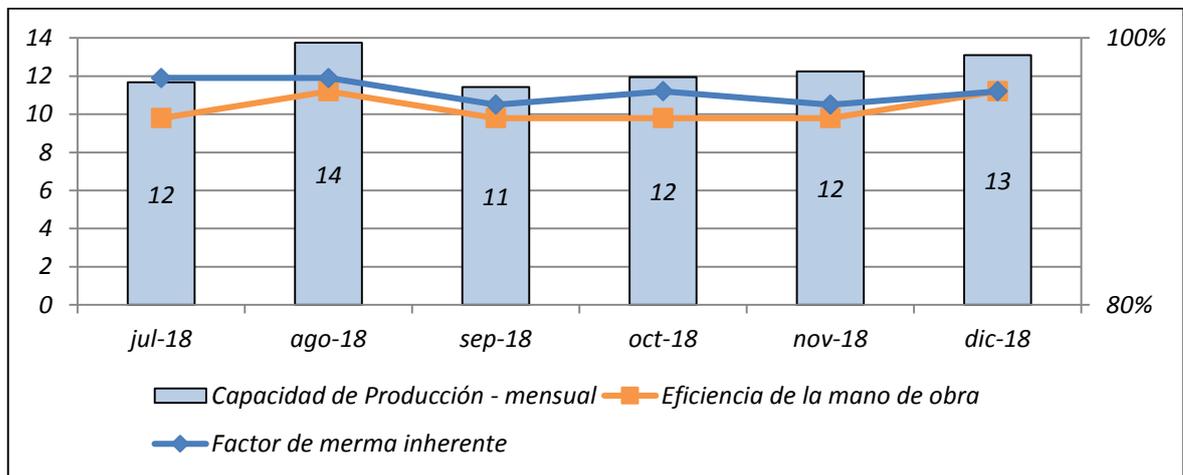


Figura 14: Comparación de la capacidad de producción vs factores

Fuente: Elaboración Propia

En el gráfico 14 se visualiza la cantidad de transformadores de distribución según la capacidad de producción mensual del proceso contrastándola con la eficiencia de la mano de obra y el factor de merma inherente, donde se puede visualizar que si el proceso es eficiente y el tiempo normal es menor o igual al estándar se incrementara la capacidad de producción.

b) Octava etapa: Implementar planes de mejora

Se implementará las siguientes herramientas seleccionadas para eliminar los desperdicios del proceso.

### 4.3. Presentación de Resultados

#### 4.3.1. Implementación de la herramienta SMED

La herramienta SMED tiene como objetivo principal es reducir el tiempo de cambio o el tiempo de preparación de la maquina permitiendo aumentar la disponibilidad y obtener menos interrupciones en el flujo de valor. Actualmente el proceso de elaboración de núcleo cuenta con dos máquinas; la maquina JODDER y la maquina MTM.

##### 4.3.1.1. Implementación de la herramienta SMED en el sub-proceso de pre- corte

La utilización de la maquina JODDER se utiliza en el subproceso de pre-corte, ver figura 16 y figura 17 para identificar las actividades y tiempos promedios del sub proceso de pre-corte para cada bobina se logró mediante el levantamiento de información, toma de tiempos en base a la observación directa y la utilización de un cronometro; la principal perdida de la maquina JODDER es la preparación de la máquina.

#### **Paso 1: Determinar los tiempos de las actividades**

En las figuras 15 y 16 se muestra el DOP del sub proceso de pre corte que tiene como materia prima a la bobina de acero silicoso el cual contiene 20 operaciones y 2 inspecciones las cuales son la inspección del filo y ajuste de cuchillas para todo el sub proceso cuando la maquina esta parada y en funcionamiento para conseguir los flejes acero silicoso, el DOP permite reconocer en la figura 12 las 19 actividades y su duración del tiempo de preparación de la maquina JODDER de 66 minutos.

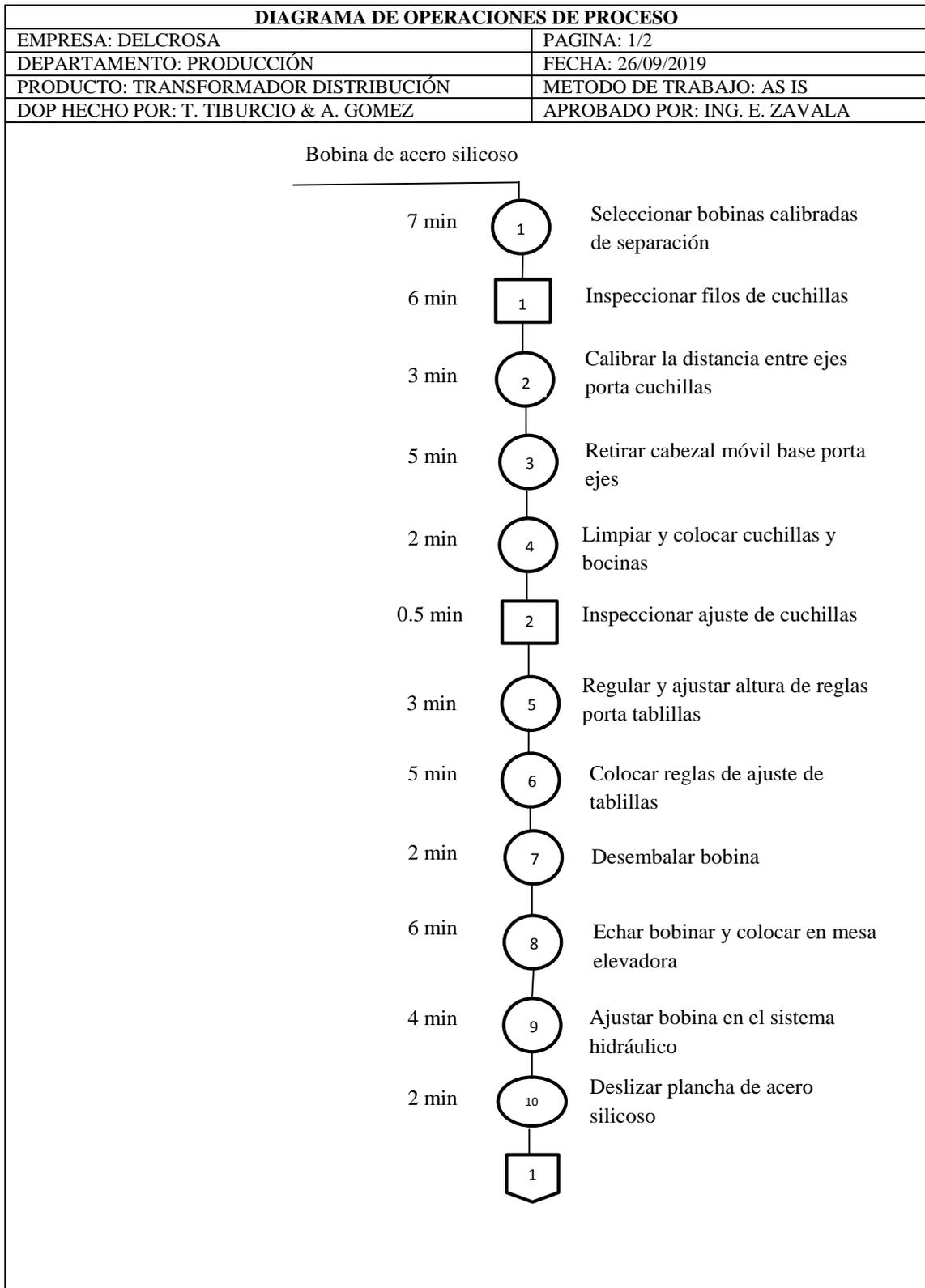


Figura 15: DOP del subproceso de pre-corte (Parte 01)  
 Fuente: Elaboración propia

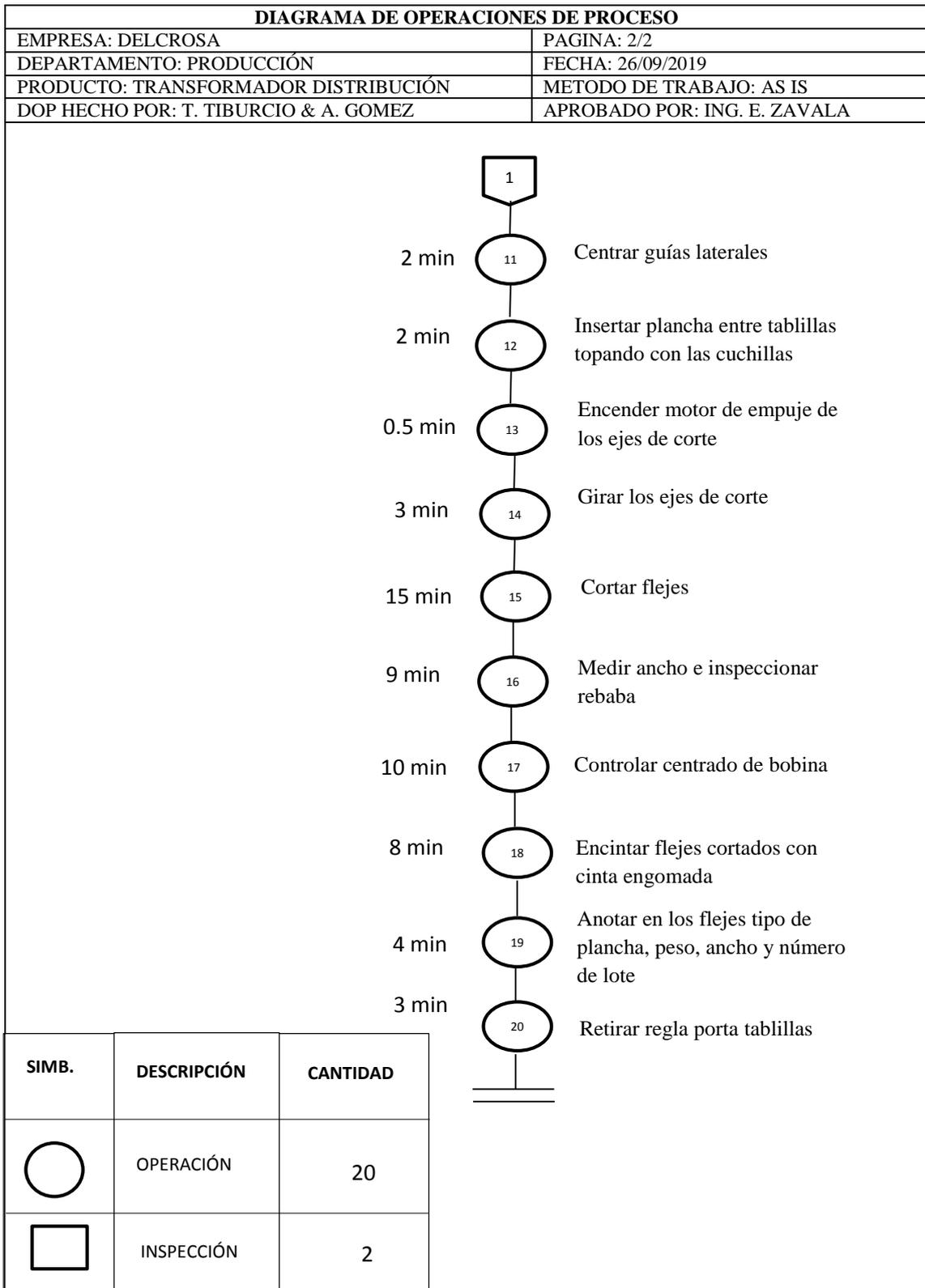


Figura 16: DOP del subproceso de pre-corte (Parte 02)

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12: Análisis del tiempo de preparación de la maquina JODDER –AS IS

N°	Actividades del cambio de bobina	Tipo de operación	N° operarios	Unidades	Distancia	Tiempos (min)	Actividad
1	Seleccionar bocinas calibradas de separación		1	1		7	Interna
2	Inspeccionar y seleccionar filo de cuchillas		1	1		6	Interna
3	Verificar el embrague de la estación de corte		1	1		3	Interna
4	Calibrar la distancia entre ejes porta cuchillas		1	1		5	Interna
5	Retirar cabezal móvil base porta ejes		1	1		2	Interna
6	Limpiar y colocar cuchillas y bocinas		1	1		3	Interna
7	Inspeccionar ajuste de cuchillas		1	1		0.5	Interna
8	Regular y ajustar altura de reglas porta tablillas		1	1		5	Interna
9	Colocar reglas de ajuste de tablillas superiores		1	1		2	Interna
10	Desembalar bobina		1	1		2	Interna
11	Trasladar bobina a mesa elevadora		1	1	5	6	Interna
12	Echar bobina y colocar en mesa elevadora		1	1		6	Interna
13	Colocar bobina y separadores de madera en el tambor desenrollador		1	1		5	Interna
14	Ajustar bobina con el sistema hidráulico		1	1		4	Interna
15	Deslizar plancha de acero silicoso		1	1		2	Interna
16	Centrar guías laterales		1	1		2	Interna
17	Insertar la plancha entre tablillas topando con las cuchillas		1	1		2	Interna
18	Encender motor de empuje de los ejes de corte		1	1		0.5	Externa
19	Girar los ejes de corte		1	1		3	Externa
<b>Total</b>					<b>5</b>	<b>66</b>	

Fuente: Elaboración Propia

## Paso 2: Identificar las operaciones de preparación internas y externa

Las actividades determinadas en la tabla 12 se clasificaron en dos grupos: internas (las cuales se ejecutan cuando la máquina está parada) y externas (las cuales se ejecutan cuando la máquina está en marcha) identificadas en la tabla 13, resultando que las actividades son el 90% externas y el 10% internas teniendo una duración total de 66 minutos (ver figura 17).

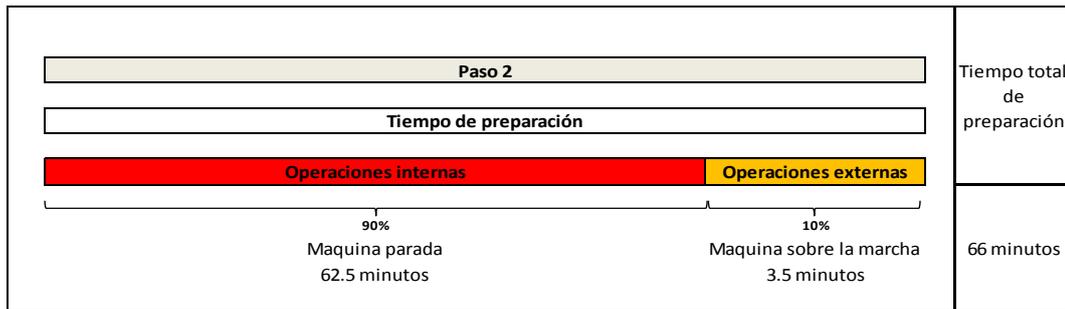


Figura 17: Tiempo de preparación de la máquina JODDER paso 2

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 13, se observa la separación de las actividades internas y externas del cambio de bobina obteniendo lo siguiente: Las **Actividades Internas** tienen 13 operaciones, 2 transporte y 3 inspección teniendo un tiempo de 62.5 minutos y las **Actividades Externas** cuentan con 2 Operaciones tomando un tiempo de 3.5 minutos.

## Paso 3: Convertir las actividades internas en externas

Para reducir el tiempo en que la máquina está parada, las operaciones internas se tienen que convertir en operaciones externas, por ello las operaciones internas que se convirtieron en externa son:

- Actividad 3: Verificar el embrague de la estación de corte
- Actividad 8: Regular y ajustar altura de reglas porta tablillas
- Actividad 9: Colocar reglas de ajuste de tablillas superiores

De la propuesta de mejora según la figura 18, al convertir dichas operaciones en externas el tiempo de operaciones internas se redujo a 52.5 minutos.

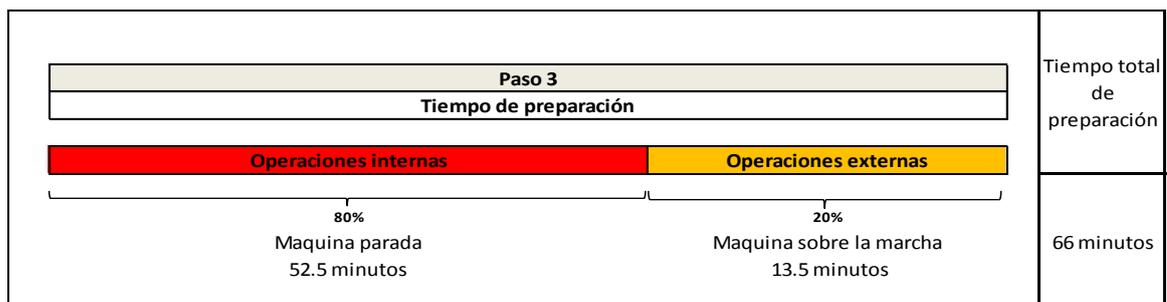


Figura 18: Tiempo de preparación de la máquina JODDER paso 3

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 13: Identificación de las actividades en la preparación de la maquina JODDER

Nº	Actividades del cambio de bobina	Tipo de operación	Nº operarios	Unidades	Distancia	Tiempos (min)	Actividad
1	Seleccionar bocinas calibradas de separación		1	1		7	Interna
2	Inspeccionar y seleccionar filo de cuchillas		1	1		6	Interna
3	Verificar el embrague de la estación de corte		1	1		3	Interna
4	Calibrar la distancia entre ejes porta cuchillas		1	1		5	Interna
5	Retirar cabezal movil base porta ejes		1	1		2	Interna
6	Limpiar y colocar cuchillas y bocinas		1	1		3	Interna
7	Inspeccionar ajuste de cuchillas		1	1		0.5	Interna
8	Regular y ajustar altura de reglas porta tablillas		1	1		5	Interna
9	Colocar reglas de ajuste de tablillas superiores		1	1		2	Interna
10	Desembalar bobina		1	1		2	Interna
11	Trasladar bobina a mesa elevadora		1	1	5	6	Interna
12	Echar bobina y colocar en mesa elevadora		1	1		6	Interna
13	Colocar bobina y separadores de madera en el tambor desenrollador		1	1		5	Interna
14	Ajustar bobina con el sistema hidráulico		1	1		4	Interna
15	Deslizar plancha de acero silicoso		1	1		2	Interna
16	Centrar guías laterales		1	1		2	Interna
17	Insertar la plancha entre tablillas topando con las cuchillas		1	1		2	Interna
18	Encender motor de empuje de los ejes de corte		1	1		0.5	Externa
19	Girar los ejes de corte		1	1		3	Externa
<b>Total</b>					<b>5</b>	<b>66</b>	

Fuente: Elaboración Propia

**Paso 4: Reducir las actividades internas y externas**

- **Actividad 1: Seleccionar bocinas calibradas de separación**

Se propuso que la selección de las bocinas se realice con anterioridad de la realización de una orden de trabajo, 15 minutos antes de finalizar su jornada, por ello la actividad 1 propuesta se encargaría de verificar las bocinas calibradas de separación y ya no de su selección. El tiempo de tomaba la selección de la bobina era 7 minutos y con la propuesta se redujo a 1 minuto.

- **Actividad 2: Inspeccionar y seleccionar filo de cuchillas**

La propuesta para la reducción de tiempo de la actividad es establecer un plan de inspección de filos de cuchillas inter diario. El tiempo de la actividad era de 6 minutos y con la propuesta se redujo 1 minuto.

- **Actividad 4: Calibrar la distancia entre ejes porta cuchillas**

Al realizar la propuesta de la actividad 1 paralelamente se tiene que realizar la actividad 4, por la calibración de distancia se redujo 1 minuto.

- **Actividad 6: Limpiar y colocar cuchillas y bocinas**

Implementar las cuchillas y bocinas con anterioridad de la realización de una orden de trabajo, 15 minutos antes de finalizar su jornada. El tiempo de tomaba era 3 minutos y con la propuesta se redujo a 1 minuto.

- **Actividad 7: Inspeccionar ajuste de cuchillas**

Al realizar la propuesta 2 ya no hay la necesidad de realizar la actividad 7.

- **Actividad 11: Trasladar bobina a mesa elevadora**

Cuando el operario de almacén deje la bobina en el área de elaboración de núcleo deberá dejarlo al costado de la mesa elevadora para reducir así el tiempo en 3 minutos.

Con todas dichas mejoras en el sub- proceso de pre-corte los tiempos de preparación de la maquina mejoraran en 31% en base a los nuevos tiempos según la tabla 14. El nuevo tiempo de preparación de la maquina JODDER es de 45.5 minutos (ver figura 19).

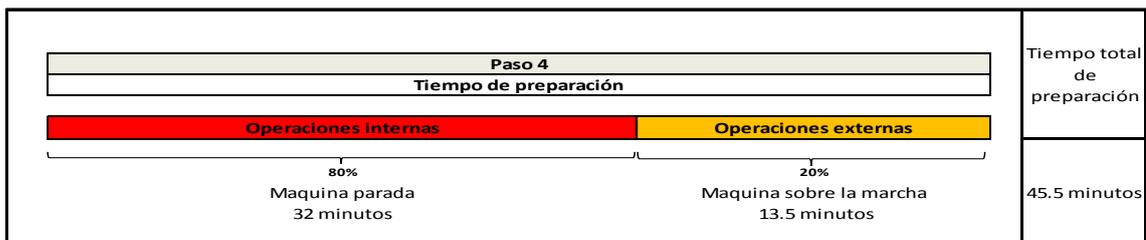


Figura 19: Tiempo de preparación de la maquina JODDER paso 4  
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 14: Análisis de la preparación de la máquina JODDER –TO BE

N°	Actividades del cambio de bobina	Tipo de operación	N° operarios	Unidades	Distancia	Tiempos (min)	Actividad
1	Seleccionar bocinas calibradas de separación	●	1	1		1	Interna
2	Inspeccionar y seleccionar filo de cuchillas	■	1	1		1	Interna
3	Verificar el embrague de la estación de corte	■	1	1		3	Externa
4	Calibrar la distancia entre ejes porta cuchillas	●	1	1		1	Interna
5	Retirar cabezal movil base porta ejes	●	1	1		2	Interna
6	Limpiar y colocar cuchillas y bocinas	●	1	1		1	Interna
7	Inspeccionar ajuste de cuchillas	■	1	1		0	Interna
8	Regular y ajustar altura de reglas porta tablillas	●	1	1		5	Externa
9	Colocar reglas de ajuste de tablillas superiores	●	1	1		2	Externa
10	Desembalar bobina	●	1	1		2	Interna
11	Trasladar bobina a mesa elevadora	➡	1	1	2	3	Interna
12	Echar bobina y colocar en mesa elevadora	●	1	1		6	Interna
13	Colocar bobina y separadores de madera en el tambor desenrollador	●	1	1		5	Interna
14	Ajustar bobina con el sistema hidráulico	●	1	1		4	Interna
15	Deslizar plancha de acero silicoso	●	1	1		2	Interna
16	Centrar guias laterales	●	1	1		2	Interna
17	Insertar la plancha entre tablillas topando con las cuchillas	●	1	1		2	Interna
18	Encender motor de empuje de los ejes de corte	●	1	1		0.5	Externa
19	Girar los ejes de corte	●	1	1		3	Externa
<b>Total</b>					<b>2</b>	<b>45.5</b>	

Fuente: Elaboración propia

#### 4.3.1.2. Implementación de la herramienta SMED en el sub-proceso de corte

La utilización de la maquina MTM se utiliza en el subproceso de corte, ver figura 20 para identificar las actividades y los tiempos promedios del subproceso de corte, se logró mediante el levantamiento de información, toma de tiempos en base a la observación directa y la utilización del cronometro, la principal perdida de la maquina MTM es la preparación de la máquina.

#### **Paso 1: Determinar los tiempos de las actividades**

En la tabla 15 se muestra las actividades y su duración de la preparación de la maquina identificados de la figura 20 de la maquina MTM.

Tabla 15: Análisis de la preparación de la maquina MTM – AS IS

N°	Actividades de la maquina Jodder	Tipo de operación	N° operarios	Unidades	Distancia	Tiempos (min)	Actividad
1	Verificar el embrague de la estación de corte		1	1		5	Interna
2	Inspeccionar y seleccionar filo de cuchillas			1		6	Interna
3	Limpiar y colocar cuchillas		1	1		3	Interna
5	Colocar fleje en el desenrollador y ajustar		1	1		4	Interna
6	Regulación de la maquina		1	1		10	Externa
7	Trasladar flejes a la maquina cortadora		1	1	7	3	Externa
8	Colocar el fleje en la maquina cortadora		1	1		4	Externa
<b>Total</b>						<b>35</b>	

Fuente: Elaboración propia

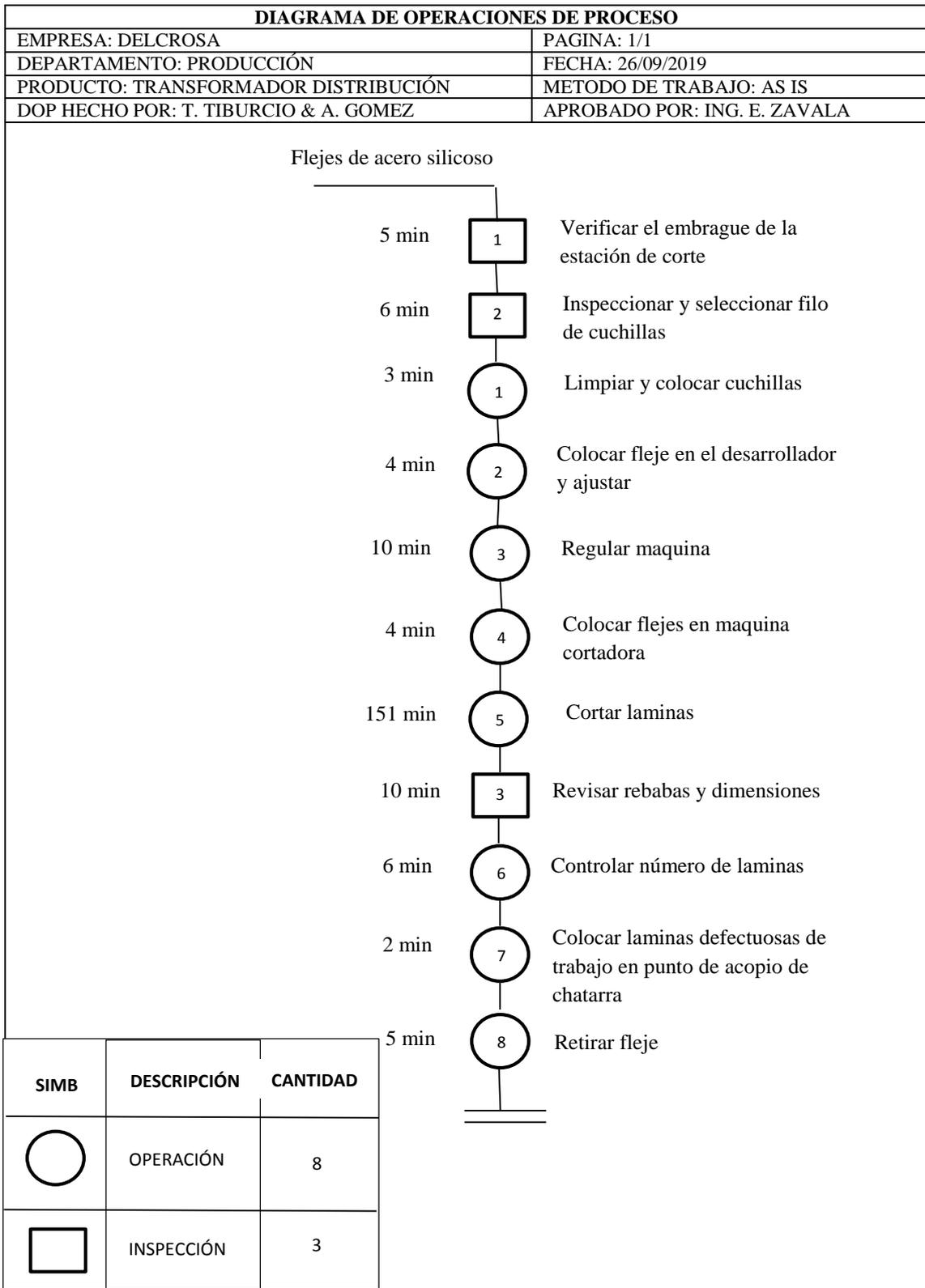


Figura 20: DOP del sub proceso de corte  
Fuente: Elaboración propia

## Paso 2: Identificar las operaciones de preparación internas y externas

Las actividades determinadas en la tabla 15 se clasificaron en dos grupos: internas (las cuales se ejecutan cuando la maquina esta parada) y externas (las cuales se ejecutan cuando la maquina está en marcha) identificadas en la tabla 16, resultando que las actividades son el 57% internas y 43% externas teniendo una duración total de 35 minutos (ver figura 21).

Tabla 16: Identificación de las actividades en la preparación de la máquina

N°	Actividades de la maquina Jodder	Tipo de operación	N° operarios	Unidades	Distancia	Tiempos (min)	Actividad
1	Verificar el embrague de la estación de corte		1	1		5	Interna
2	Inspeccionar y seleccionar filo de cuchillas		1	1		6	Interna
3	Limpiar y colocar cuchillas		1	1		3	Interna
5	Colocar fleje en el desenrollador y ajustar		1	1		4	Interna
6	Regulación de la maquina		1	1		10	Externa
7	Trasladar flejes a la maquina cortadora		1	1	7	3	Externa
8	Colocar el fleje en la maquina cortadora		1	1		4	Externa
<b>Total</b>						<b>35</b>	

Fuente: Elaboración Propia

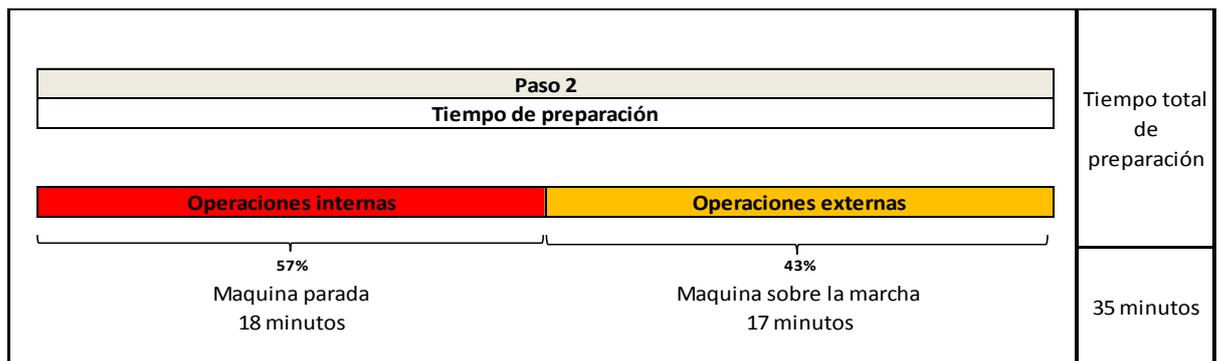


Figura 21: Tiempo de la preparación de la maquina MTM paso 2

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 16, se observa la separación de las actividades internas y externas de las actividades de la preparación de la maquina se obtuvo lo siguiente: Las **Actividades Internas** tienen 2 operaciones y 2 inspecciones y las **Actividades Externas** tienen 2 operaciones y transporte

### Paso 3: Convertir las actividades internas en externas

Para reducir el tiempo en que la maquina esta parada, las operaciones internas se tienen que convertir en operaciones externas, por ello la operación interna que se convirtió en externa es:

- Actividad 1: Verificar el embrague de la estación de corte

Debido que esta actividad se puede verificar cuando la maquina está en marcha después de haber realizado la actividad de regulación de máquina.

De la propuesta de mejora según la figura 22, al convertir la actividad 1 en una operación externa el tiempo de operaciones internas se redujo a 13 minutos.

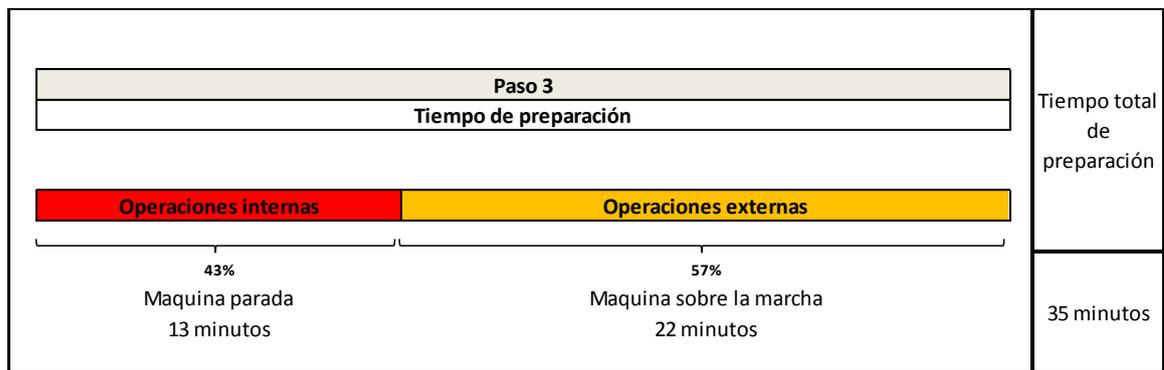


Figura 22: Tiempo de preparación de la maquina MTM paso 3  
Fuente: Elaboración propia

### Paso 4: Reducir las actividades internas y externas

- **Actividad 2: Inspeccionar y seleccionar filo de cuchillas**

La propuesta para la reducción de tiempo de la actividad es establecer un plan de inspección de filos de cuchillas inter diario. El tiempo de la actividad era de 6 minutos y con la propuesta se redujo 1 minuto.

- **Actividad 6 : Limpiar y colocar cuchillas**

Implementar las con anterioridad de la realización de una orden de trabajo, 15 minutos antes de finalizar su jornada. El tiempo de tomaba era 3 minutos y con la propuesta se redujo a 1 minuto.

Con todas estas mejoras en el sub proceso de corte para la preparación de la maquina los tiempos mejoraran en 20% en base a los nuevos tiempos según la tabla 17. El nuevo tiempo de preparación de la maquina MTM es de 28 minutos (ver figura 23).

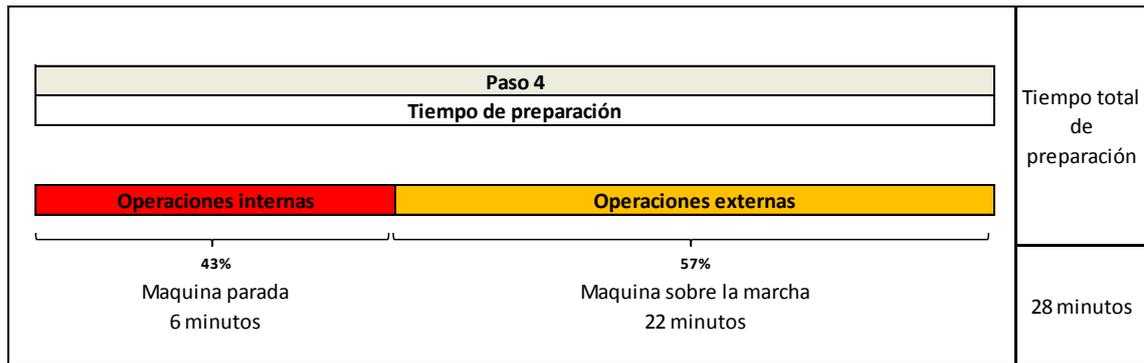


Figura 23: Tiempo de preparación de la maquina MTM paso 4  
Fuente: Elaboración propia

Tabla 17: Análisis de la preparación de la maquina MTM – TO BE

N <sup>a</sup>	Actividades de la maquina Jodder	Tipo operación	N <sup>a</sup> operarios	Unidades	Distancia	Tiempos (min)	Actividad
1	Verificar el embrague de la estación de corte		1	1		5	Externa
2	Inspeccionar y seleccionar filo de cuchillas		1	1		1	Interna
3	Limpiar y colocar cuchillas		1	1		1	Interna
5	Colocar fleje en el desenrollador y ajustar		1	1		4	Interna
6	Regulación de la maquina		1	1		10	Externa
7	Trasladar flejes a la maquina cortadora		1	1	7	3	Externa
8	Colocar el fleje en la maquina cortadora		1	1		4	Externa
<b>Total</b>						<b>28</b>	

Fuente: Elaboración propia

#### 4.3.2. Implementación de la herramienta Mantenimiento Autónomo

El mantenimiento autónomo tiene como fin prevenir las averías que presentan los equipos a través de la puesta en marcha de condiciones básicas, inspecciones y operaciones básicas para contribuir con la mejora del ambiente de trabajo y aumentar la productividad de la línea de producción del área de núcleo.

Para analizar la eficiencia de la línea de producción, en las figuras 24 y 25 se va a mostrar las paradas que representan las pérdidas por averías, paradas menores y mermas en base a los estándares de producción en las máquinas MTM y JODDER utilizados.

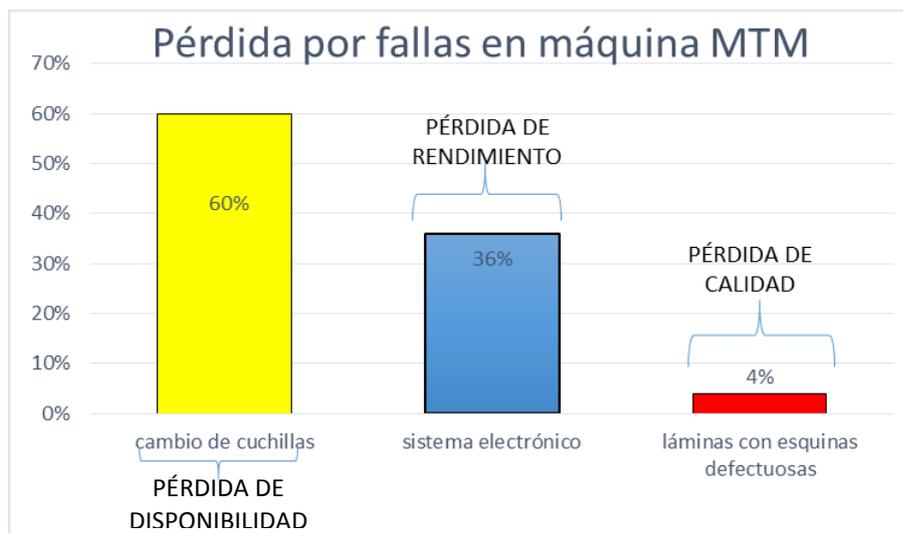


Figura 24: Pérdida por fallas – Máquina MTM  
Fuente: Elaboración Propia

La figura Pérdida por fallas – Máquina MTM (ver figura 24) muestra que el mayor número de cambios en la máquina MTM se debe al cambio de cuchillas, el cual representa un 60%, y el motivo más frecuente es debido el desgaste de cuchillas en el corte de las láminas, un 36% representa las averías debido a fallas en el sistema electrónico en la programación de las dimensiones y número de láminas a cortar y finalmente un 4 % representa las láminas defectuosas que se obtiene.

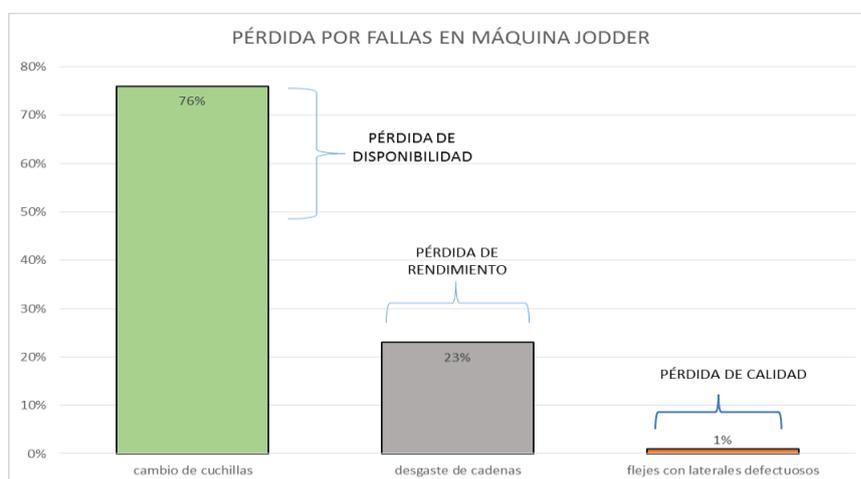


Figura 25: Pérdida por fallas – Máquina JODDER  
Fuente: Elaboración Propia

La figura Pérdida por fallas – Máquina JODDER (ver figura 25) muestra que el mayor número de cambios en la máquina JODDER se debe al cambio de cuchillas, el cual representa un 76%, y el motivo más frecuente es debido el desgaste de cuchillas en el pre-corte de la bobina, un 23 % representa las averías debido al desgaste de cadenas en el corte

de los laterales de la bobina y finalmente un 1 % representa los flejes con laterales defectuosos que se obtiene. En la actualidad el área de mantenimiento utiliza un promedio de 40 horas mensuales en la ejecución de trabajos de limpieza, verificación y ajustes que pueden ser realizados por el personal operativo de la línea de elaboración de núcleos con una capacitación adecuada y de esta forma el personal de mantenimiento puede emplear dicho tiempo en realizar actividades de mantenimiento correctivo.

La implementación del mantenimiento autónomo que se desarrolla a continuación tiene como objetivo capacitar a los operadores para mantener su equipo siguiendo los siguientes puntos:

- Verificaciones diarias
- Lubricación
- Verificar precisión
- Detectar de manera anticipada anomalías en el equipo

### **Paso 1: Limpieza inicial**

El personal debe mantener el área de trabajo limpia, para eso se ha proporcionado artículos para ser usados en la línea de producción del área de núcleo, estos materiales de limpieza serán requisados por el supervisor del área y aprobados por el supervisor de operaciones de manera quincenal. En el cuadro materiales para limpieza (ver tabla 18) se detalla los artículos y la cantidad a requisar.

Tabla 18: Materiales para limpieza

<b>Materiales para limpieza</b>					
<b>FRECUENCIA</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>Precio Unitario</b>		<b>Total</b>
<b>Quincenal</b>	Waype	5	7	S/	35.00
	Paños absorbentes	10	5	S/	50.00
	Brochas	2	3	S/	6.00
<b>Total</b>				<b>S/</b>	<b>91.00</b>

Fuente: Elaboración propia

## Paso 2: Creación de los estándares de limpieza y lubricación

El área de mantenimiento debe explicar a los operadores cuáles son las condiciones óptimas de limpieza y lubricación de las máquinas, este estándar debe detallar que hacer, cómo, dónde, cuándo y el tiempo a usar. Para esto se debe decidir que partes del equipo requieren una limpieza, cómo inspeccionar el equipo y cómo juzgar anomalías.

Para la lubricación, se debe verificar el tipo y la cantidad de grasa a utilizar en cada punto del elemento de la máquina que lo requiera. Además del intervalo de tiempo que hay que lubricar cada elemento.

A continuación, se va a detallar en la tabla 19 y la tabla 20 los puntos de lubricación en la máquina JODDER y MTM, debido a las características del funcionamiento.

Tabla 19: Materiales para limpieza máquina JODDER

Puntos de Lubricación máquina JODDER				
FRECUENCIA	DESCRIPCIÓN	MÉTODO	CONDICIÓN DE LA MÁQUINA	LUBRICANTE
Interdiario	Bocinas de separación	lubricador manual	Parada	Grasa EP 2 natural
	Guias laterales	lubricador manual	Parada	Grasa EP 2 natural
	Rodillos	lubricador manual	Parada	Grasa EP 2 natural
	Cuchillas	lubricador manual	Parada	Grasa EP 2 natural

Fuente: Elaboración propia

Tabla 20: Materiales para limpieza máquina MTM

Puntos de Lubricación máquina MTM				
FRECUENCIA	DESCRIPCIÓN	MÉTODO	CONDICIÓN DE LA MÁQUINA	LUBRICANTE
Interdiario	Rodamiento del desenrollador	lubricador manual	Parada	Grasa EP 2 natural
	Cuchillas	lubricador manual	Parada	Grasa EP 2 natural

Fuente: Elaboración propia

## Paso 3: Inspección general del equipo

El operador será capacitado por el personal técnico en los aspectos de funcionamiento, posibles fallas y ubicación de las partes principales de las máquinas que opera a diario.

Para poder identificar las anomalías encontradas por el operador del equipo, se va a colocar tarjetas de identificación, y se va a colocar en los puntos donde se encontró la anomalía con el objetivo de generar un impacto visual como referencia para el área de mantenimiento.

### 4.3.3. Implementación de la herramienta trabajo estándar

Primero se tiene que identificar el cuello de botella en el proceso de elaboración de núcleo para saber con qué sub proceso se va aplicar la herramienta trabajo estándar, para ello se tiene que el TAKT TIME es de 16 hora/pieza el cual nos ayudara a identificar que sub proceso su tiempo de ciclo no tiene un ritmo adecuado de producción (ver figura 26).

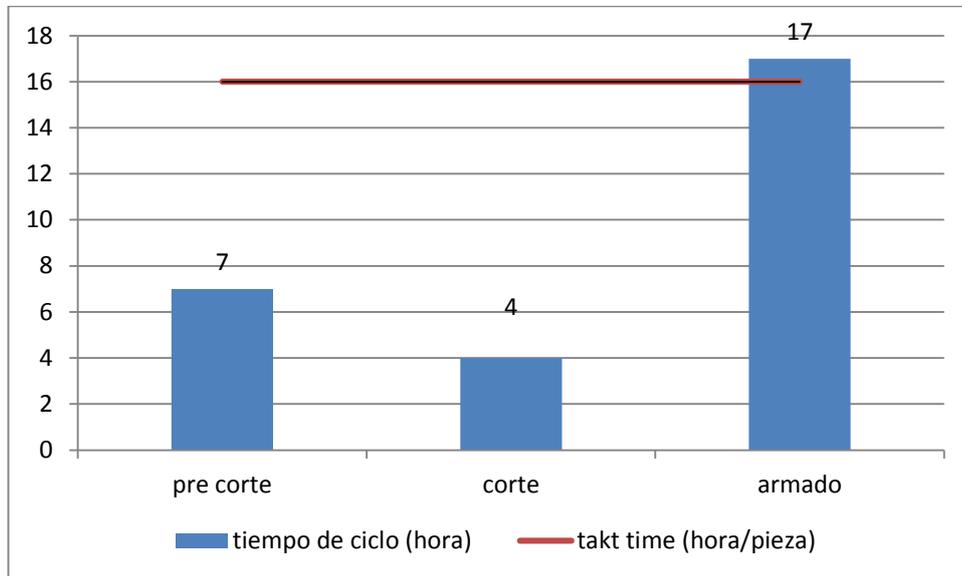


Figura 26: Takt time vs Tiempo de ciclo  
Fuente: Elaboración propia

En la figura 26 muestra que el subproceso de armado con un tiempo de ciclo de 17 horas es el cuello de botella en el proceso de elaboración de núcleo por superar el tiempo del TAKT TIME.

#### **Paso 1: Levantamiento de información y estudio de métodos**

Se realizó el levantamiento de información para la realización de diagramas de interacción y secuencia de procesos (ver figura 27) para entender el subproceso de armado posterior a ello se realizó el diagrama de flujo del proceso actual AS IS (figura 28). Esta información permitió armar el DOP (ver figura 29 y figura 30) para identificar el valor añadido y el que no genera valor.

## DIAGRAMA DE INTERACCIÓN Y DE SECUENCIA

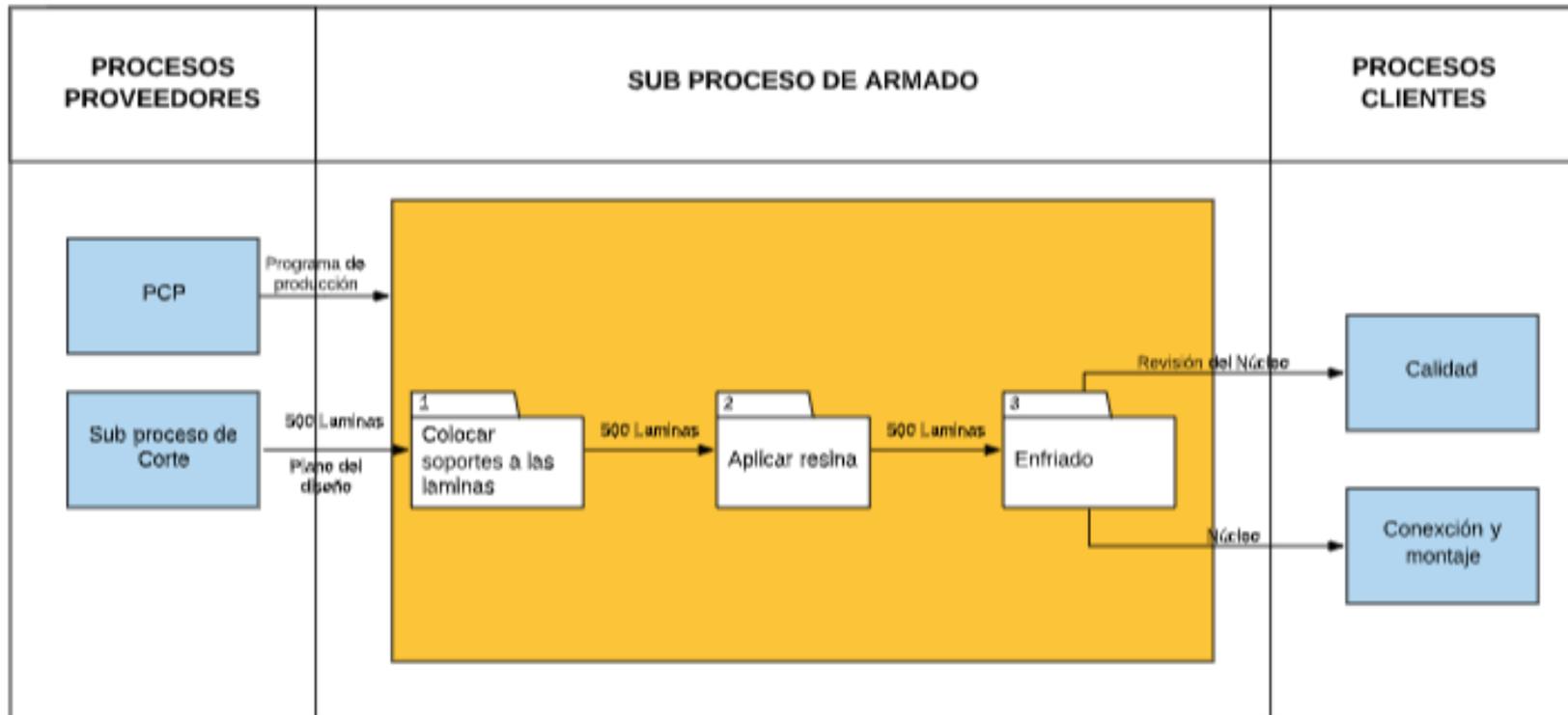


Figura 27: Diagrama de interacción y de secuencia del proceso

Fuente: Elaboración propia

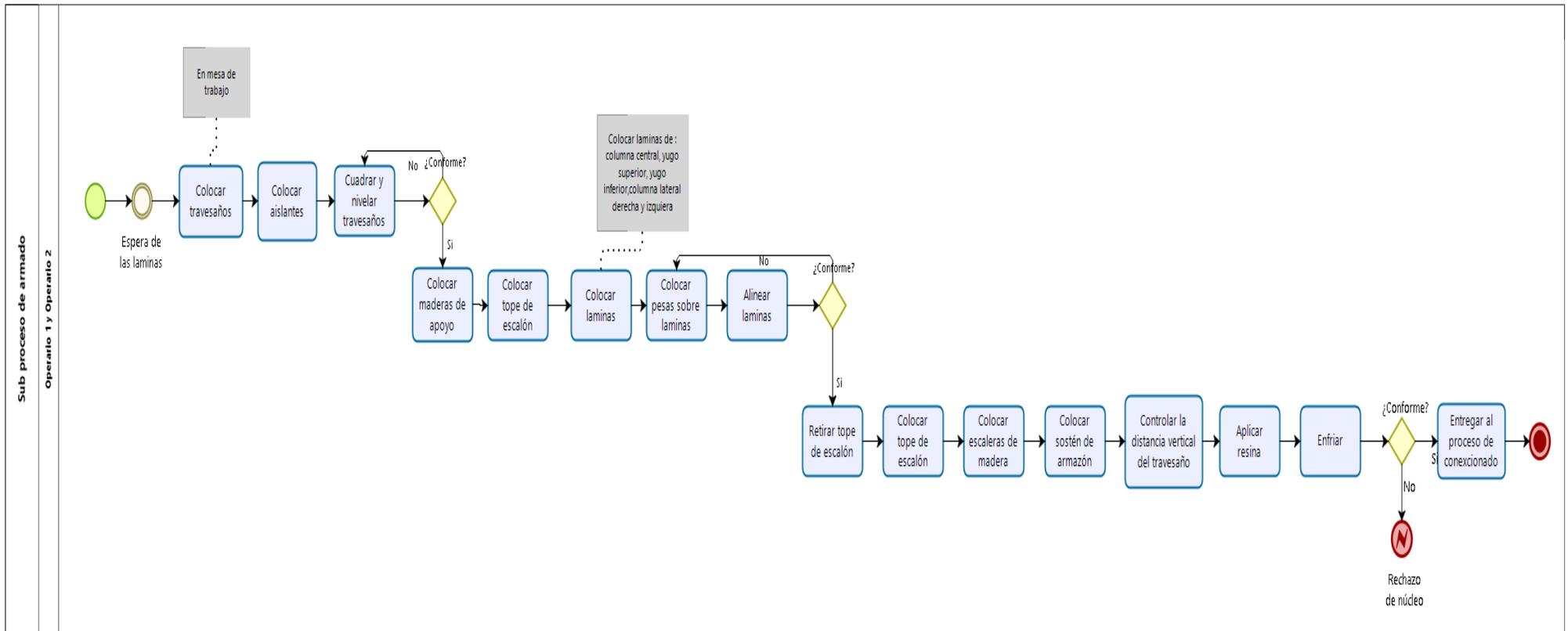


Figura 28: Diagrama de flujo sub proceso de armado – AS IS  
Fuente: Elaboración propia

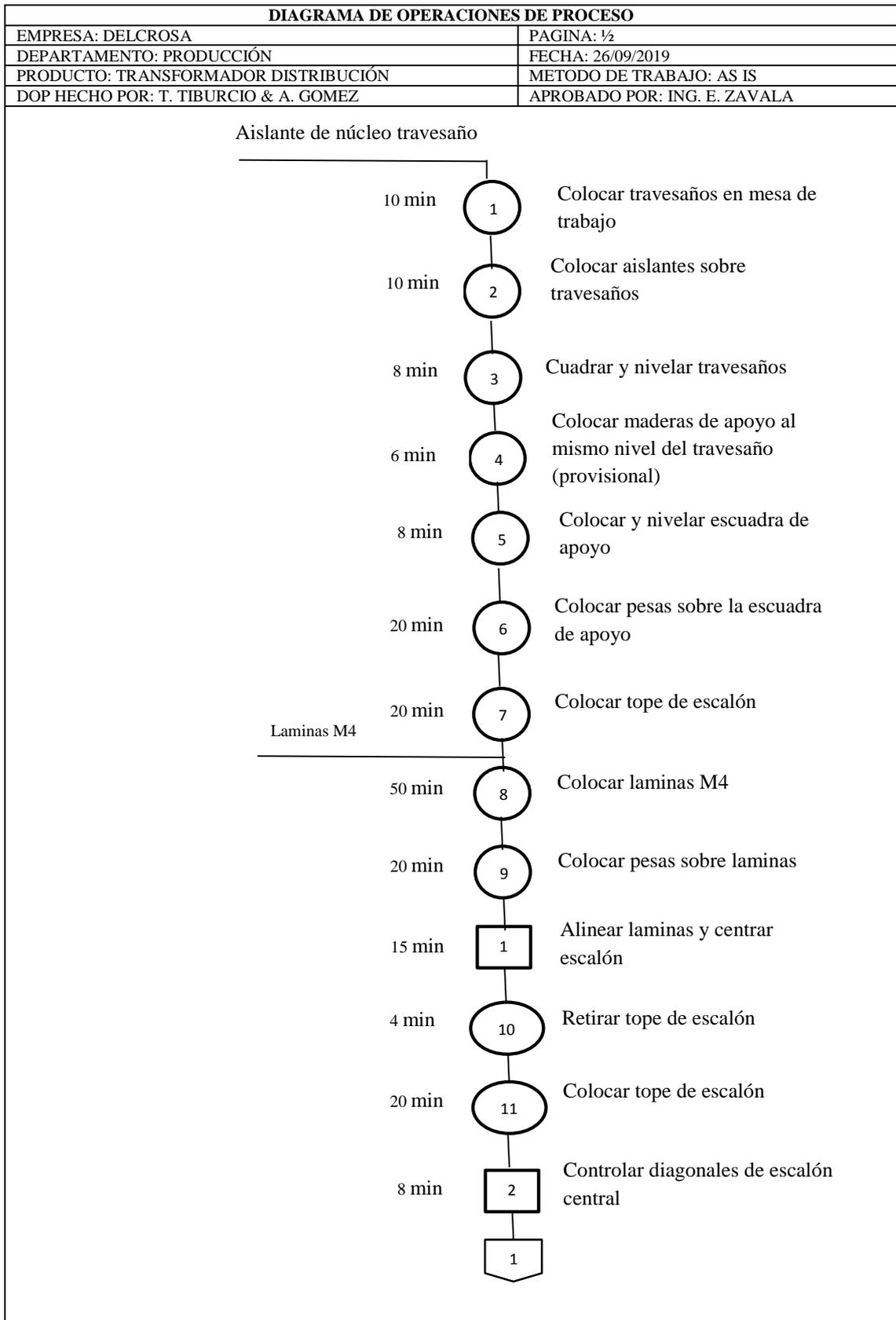
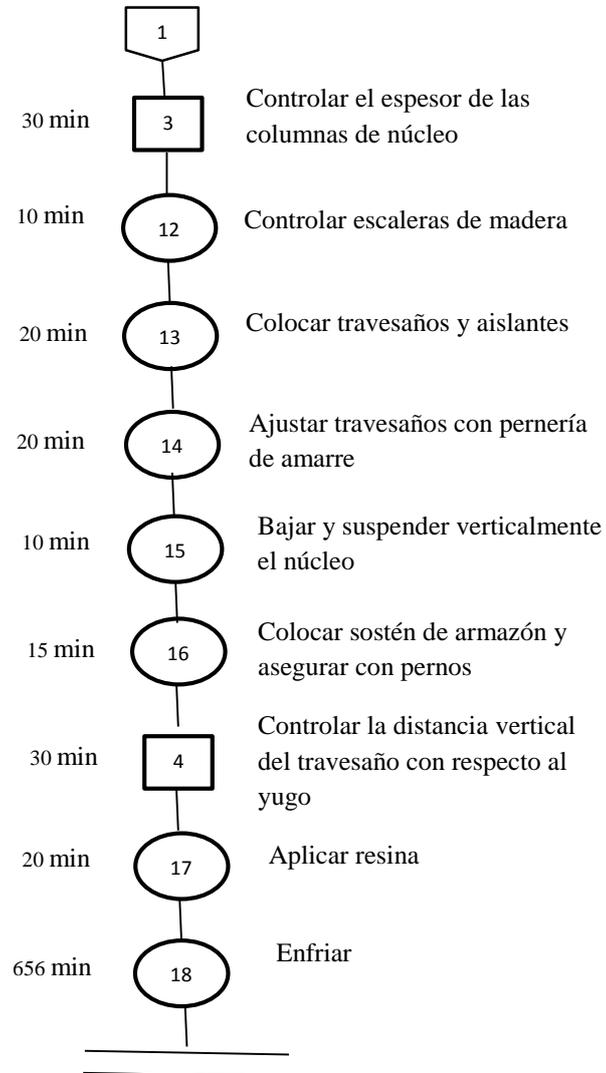


Figura 29: DOP del sub proceso de armado – AS IS (parte 01)

Fuente: Elaboración propia

DIAGRAMA DE OPERACIONES DE PROCESO	
EMPRESA: DELCROSA	PAGINA: 2/2
DEPARTAMENTO: PRODUCCIÓN	FECHA: 26/09/2019
PRODUCTO: TRANSFORMADOR DISTRIBUCIÓN	METODO DE TRABAJO: AS IS
DOP HECHO POR: T. TIBURCIO & A.GOMEZ	APROBADO POR: ING. E. ZAVALA



SIMB	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
○	OPERACIÓN	18
□	INSPECCIÓN	4

Figura 30: DOP del sub proceso de armado- AS IS (parte 02)

Fuente: Elaboración propia

## Paso 2: Análisis de la información y del método de trabajo

Se realizó el análisis a base de tres factores:

- a) **Organización del trabajo:** Se evaluó a base de tres preguntas mediante una lista de chequeo
  - ¿Cómo se da las instrucciones al operario?  
Las instrucciones que se dan al operario se realizan de manera verbal siendo difícil de recordar las indicaciones del supervisor.
  - ¿Hay control de la hora y como se verifican la hora de inicio y la hora fin?  
En el sub proceso de armado si hay control de los tiempos siendo verificadas en la plantilla de tiempos registradas por los operarios
  - ¿Cómo está organizado la entrega y mantenimiento de las herramientas?  
La ubicación de las herramientas se encuentra en un armario siendo fáciles de encontrarlos y teniendo poca distancia de la mesa de trabajo con el armario, dichas herramientas tienen un mantenimiento mensual.
- b) **Análisis de la operación:** Se observó en el diagrama de flujo de la figura 30 y del diagrama de operaciones de la figura 31 y la figura 32 las operaciones que no añaden valor al sub proceso de armado, siendo identificadas y eliminadas del sub proceso porque son un desperdicio, estas son:
  - Operación 10: Retirar tope de escalón  
Esta actividad sirve para verificar la actividad 07 que es colocar el tope de escalón siendo un desperdicio de sobre procesamiento porque realizando correctamente la actividad 07 no hay necesidad de realizar la actividad 10.
  - Operación 11: Colocar tope de escalón  
Al eliminar la actividad 10 ya no se realizará la actividad 11
  - Operación 12: Colocar escaleras de madera  
No hay necesidad de colocar las escaleras al núcleo debido que con los travesaños y la madera como soporte lo sostienen adecuadamente.
  - Inspección 4: Controlar la distancia vertical del travesaño con respecto al yugo  
Al realizarse correctamente las actividades 14 y la actividad 16, no hay necesidad de llevar un control de la distancia del travesaño respecto al yugo porque la distancia no va a cambiar debido a que va a estar tensado el núcleo.
- c) **Estudio de movimientos:** Se analizó la distribución del lugar de trabajo de las herramientas y materiales teniendo como resultado una correcta distribución.

### **Paso 3: Implementación de mejoras**

En la figura 31, la figura 32 y la figura 33 se muestran las mejoras implementadas, la cual sirvió para el procedimiento del sub proceso de armado para la fabricación de transformadores de distribución. Las operaciones que se mejoraron mediante la herramienta trabajo estándar fueron:

- Operación 1: Colocar travesaños en la mesa de trabajos
- Operación 2: Colocar aislantes sobre los travesaños
- Operación 4: Colocar maderas de apoyo al mismo nivel del travesaño
- Operación 5: Colocar y nivelar escuadra de apoyo
- Operación 6: Colocar pesas sobre la escuadra de apoyo
- Operación 7: Colocar tope de escalón
- Operación 8: Colocar laminas M4
- Operación 9: Colocar pesas sobre las laminas
- Operación 13: Colocar travesaños y aislantes
- Operación 16: Colocar sostén de armazón y asegurar con pernos
- Operación 17: Aplicar resina

Para la sostenibilidad de la implementación del procedimiento del este sub proceso de armado se verifico y controlo mediante las auditorias del área de sistema integrado de gestión el cual realiza auditorias semanales permitiendo oportunidades de mejora en el tiempo.

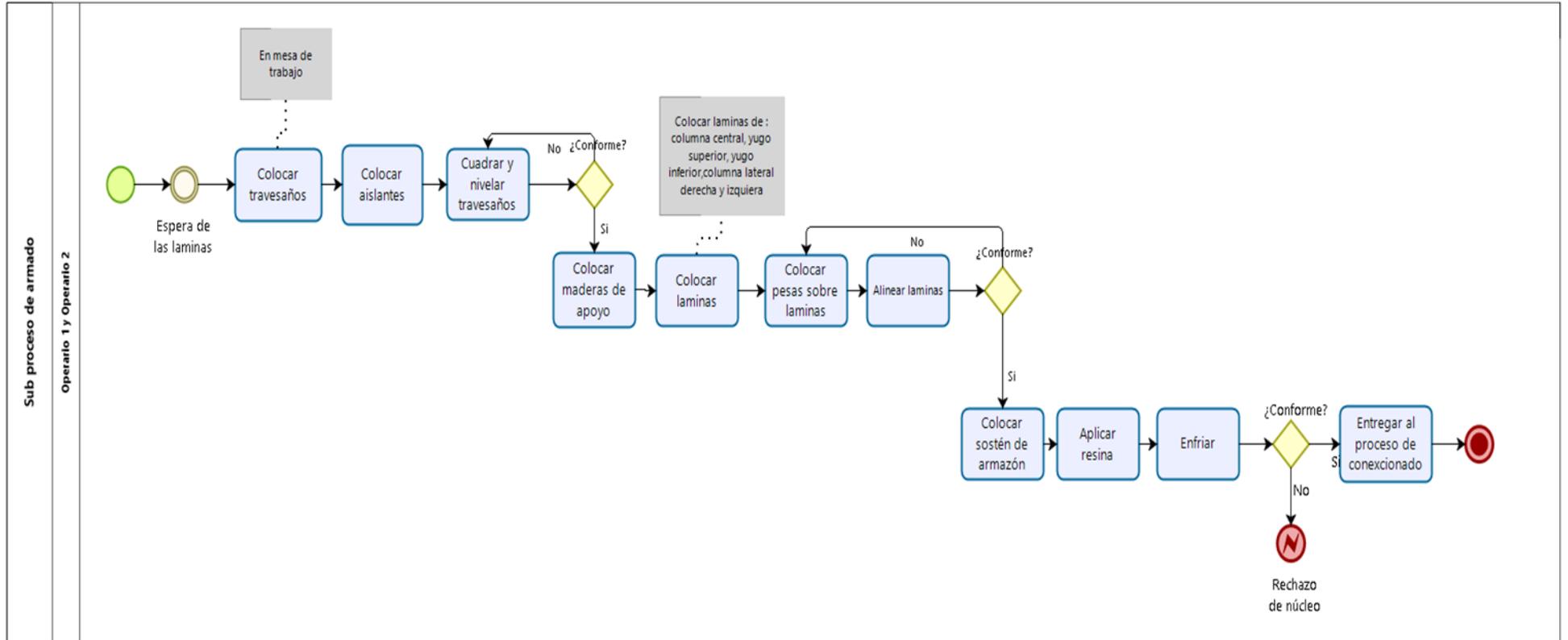


Figura 31: Diagrama de flujo del sub proceso de armado – TO BE  
Fuente: Elaboración propia

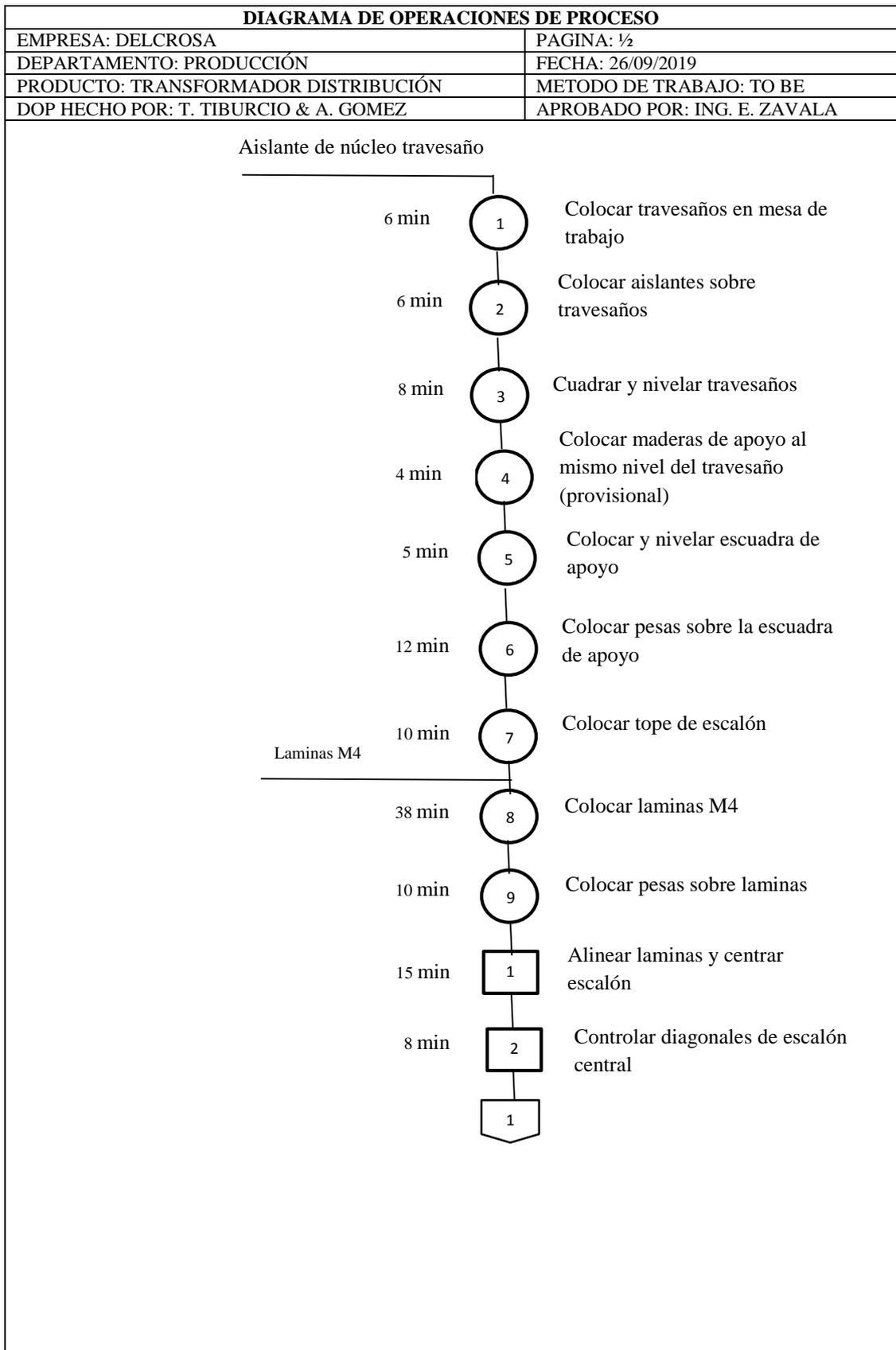
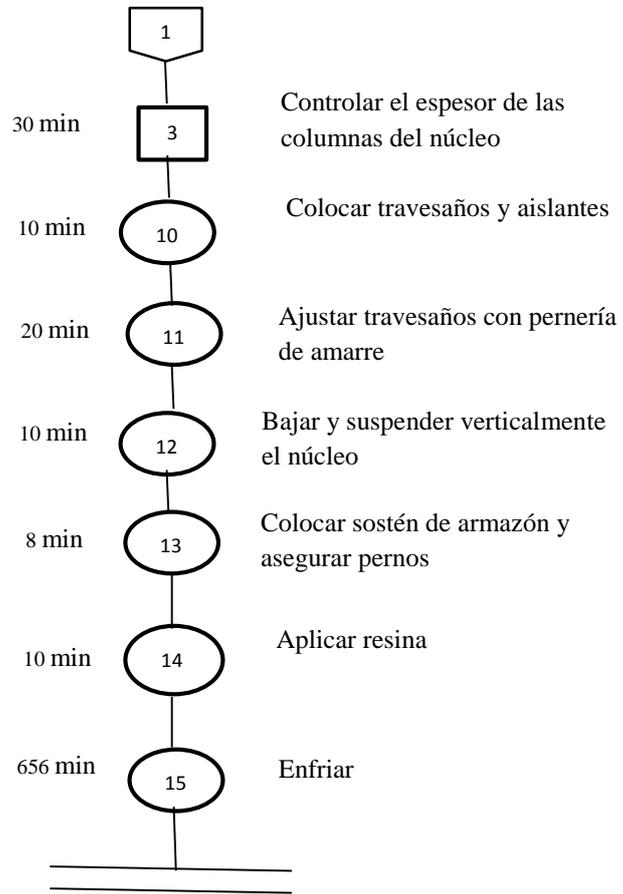


Figura 32: DOP del sub proceso de armado-TO BE (parte 01)

Fuente: Elaboración propia

DIAGRAMA DE OPERACIONES DE PROCESO	
EMPRESA: DELCROSA	PAGINA: 2/2
DEPARTAMENTO: PRODUCCIÓN	FECHA: 26/09/2019
PRODUCTO: TRANSFORMADOR DISTRIBUCIÓN	METODO DE TRABAJO: TO BE
DOP HECHO POR: T. TIBURCIO & A. GOMEZ	APROBADO POR: ING. E. ZAVALA



SIMB.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
○	OPERACIÓN	15
□	INSPECCIÓN	3

Figura 33: DOP del sub proceso de armado – TO BE (parte 02)

Fuente: Elaboración propia

#### 4.4. Análisis de resultados

- **De la implementación de la herramienta SMED se obtuvo:**

Tabla 21: Tabla resumen de la implementación del SMED

<b>Sub proceso</b>	<b>SMED</b>	<b>AS IS (min)</b>	<b>TO BE (min)</b>	<b>Mejora (min)</b>	<b>%</b>
<b>Sub proceso de pre corte</b>	Preparación de máquina JODDER	198	137	62	31%
<b>Sub proceso de corte</b>	Preparación de máquina MTM	35	28	7	20%
<b>Total</b>		<b>233</b>	<b>165</b>	<b>69</b>	

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 21 es una tabla resumen de la implementación en el sub proceso de pre corte y el sub proceso de corte a los cuales se aplicó la herramienta SMED para tener menos tiempo en la preparación de la máquina, donde se pudo reducir a 21 minutos la preparación de la maquina JODDER de una bobina el cual dicho proceso necesita tres bobinas para la producción de un núcleo por ello el tiempo total de reducción es de 62 minutos y 7 minutos para la preparación de la maquina MTM. Al reducir dichos tiempos se pudo reducir el tiempo de ciclo del proceso de elaboración de núcleo en 69 minutos.

Tabla 22: Tiempo del proceso de elaboración de núcleo antes y después de la mejora

<b>Meses</b>	<b>Tiempo del proceso antes</b>	<b>Tiempo del proceso después</b>	<b>Reduce</b>
Julio	1800	1786	1%
Agosto	1560	1440	8%
Setiembre	1800	1555	14%
Octubre	1740	1613	7%
Noviembre	1680	1555	7%
Diciembre	1620	1498	8%
<b>Promedio</b>	<b>1700</b>	<b>1574</b>	<b>7%</b>

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 22 se ve los tiempos del proceso de elaboración de núcleo antes de haber aplicado la herramienta SMED y los resultados de la aplicación después de haber realizado la mejora, se obtuvo un 7% de reducción en el tiempo del proceso de elaboración de núcleo aplicando la herramienta SMED en los sub proceso de pre-corte y corte en la preparación de la máquina.

- De la implementación de la herramienta Mantenimiento autónomo se obtuvo:

**De la implementación de la herramienta Mantenimiento autónomo en la máquina MTM se obtuvo:**

Tabla 23: % de Disponibilidad de la máquina MTM

**% de disponibilidad de la máquina MTM**

	<b>Paradas o averías</b>	<b>Tiempo planificado de operación: TPO</b>	<b>Tiempo de operación: TO</b>	<b>Disponibilidad</b>	<b>Paradas o averías</b>	<b>Tiempo planificado de operación: TPO</b>	<b>Tiempo de operación: TO</b>	<b>Disponibilidad</b>
Julio	3	38	35	92%	1	39.8	38.8	97%
Agosto	2	30.9	28.9	94%	1	44.25	43.25	98%
Septiembre	2	42	40	95%	1	40.65	39.65	98%
Octubre	3	44.9	41.9	93%	2	38.6	36.6	95%
Noviembre	2	34.2	32.2	94%	1	36.6	35.6	97%
Diciembre	2	44.7	42.7	96%	1	32.55	31.55	97%

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 23 se puede visualizar que después de la implementación de la herramienta mencionada el número de paradas o averías por cambio de cuchillas de la máquina MTM disminuye a una parada, aumentando su porcentaje de disponibilidad.

Tabla 24: % de Rendimiento de la máquina MTM

	<b>Tiempo de ciclo ideal</b>	<b>Tiempo de operación</b>	<b>N° OT</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Tiempo de ciclo ideal</b>	<b>Tiempo de operación</b>	<b>N° OT</b>	<b>Rendimiento</b>
Julio	250	44	12	68%	250	38.8	12	77%
Agosto	250	37.9	11	73%	250	43.25	15	87%
Septiembre	250	44	12	68%	250	39.65	13	82%
Octubre	250	45.9	14	76%	250	36.6	13	88%
Noviembre	250	36.2	11	75%	250	35.6	12	84%
Diciembre	250	46.7	14	75%	250	31.55	11	87%

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 24 se puede visualizar que después de la implementación de la herramienta mencionada el tiempo de operación para completar una orden de trabajo disminuye debido a que el número de fallas en el sistema electrónico de la máquina MTM también disminuye y de esta manera aumenta su porcentaje de rendimiento.

Tabla 25: % de calidad de la máquina MTM

	N° OT	N°OT conformes	Calidad	N° OT	N°OT conformes	Calidad
Julio	12	10	83%	12	11	92%
Agosto	11	9	82%	15	14	93%
Septiembre	12	10	83%	13	12	92%
Octubre	14	12	86%	13	13	100%
Noviembre	11	9	82%	12	10	83%
Diciembre	14	13	93%	11	12	100%

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 25 se puede visualizar que el número de Órdenes de trabajo conformes de la máquina MTM, es decir láminas ya no presentan esquinas defectuosas, por lo tanto, aumenta favorablemente su porcentaje de calidad.

A continuación, en la tabla 26, se presenta un resumen de la eficiencia general de la máquina MTM, la cual resulta de multiplicar los porcentajes de disponibilidad, rendimiento y calidad, y se visualiza que el OEE mejorado aumenta en un 13 % en promedio respecto al indicador actual.

Tabla 26: OEE de la máquina MTM

Disponibilidad	Rendimiento	Calidad	OEE actual	Disponibilidad	Rendimiento	Calidad	OEE mejorado
<b>92%</b>	68%	83%	52%	97%	77%	92%	69%
<b>94%</b>	73%	82%	55%	98%	87%	93%	57%
<b>95%</b>	68%	83%	54%	98%	82%	92%	68%
<b>93%</b>	76%	86%	61%	95%	88%	100%	90%
<b>94%</b>	75%	82%	58%	97%	84%	83%	63%
<b>96%</b>	75%	93%	66%	97%	87%	100%	81%

Fuente: Elaboración propia

**De la implementación de la herramienta Mantenimiento autónomo en la máquina JODDER se obtuvo:**

Tabla 27: % de Disponibilidad de la máquina JODDER

	Paradas o averías	Tiempo planificado de operación: TPO	Tiempo de operación: TO	Disponibilidad	Paradas o averías	Tiempo planificado de operación: TPO	Tiempo de operación: TO	Disponibilidad
Julio	2	69	67	97%	1	53.4	52.4	98%
Agosto	2	43.5	41.5	95%	1	47	46	98%
Septiembre	2	62	60	97%	1	42.2	41.2	98%
Octubre	2	80.5	78.5	98%	1	51.8	50.8	98%
Noviembre	3	49	46	94%	2	36.8	34.8	95%
Diciembre	2	73.5	71.5	97%	1	38.4	37.4	97%

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 27 se puede visualizar que después de la implementación de la herramienta mencionada el número de paradas o averías por cambio de cuchillas de la máquina JODDER disminuye a una parada, aumentando su porcentaje de disponibilidad.

Tabla 28: % de Rendimiento de la máquina JODDER

	<b>Tiempo de ciclo ideal</b>	<b>Tiempo de operación</b>	<b>N° OT</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Tiempo de ciclo ideal</b>	<b>Tiempo de operación</b>	<b>N° OT</b>	<b>Rendimiento</b>
Julio	260	64	12	48%	260	52.4	12	59%
Agosto	260	32.5	11	88%	260	46	15	84%
Septiembre	260	64	12	48%	260	41.2	13	82%
Octubre	260	62.5	14	58%	260	50.8	13	66%
Noviembre	260	51	11	56%	260	34.8	12	89%
Diciembre	260	68.5	14	53%	260	37.4	11	76%

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 28 se puede visualizar que después de la implementación de la herramienta mencionada el tiempo de operación para completar una orden de trabajo disminuye debido a que el número de fallas por el desgaste de cadenas de la máquina JODDER también disminuye y de esta manera aumenta su porcentaje de rendimiento.

Tabla 29: % de Calidad de la máquina JODDER

	<b>N° OT</b>	<b>N°OT conformes</b>	<b>Calidad</b>	<b>N° OT</b>	<b>N°OT conformes</b>	<b>Calidad</b>
Julio	12	10	83%	12	11	92%
Agosto	11	9	82%	15	14	93%
Septiembre	12	10	83%	13	12	92%
Octubre	14	12	86%	13	13	100%
Noviembre	11	9	82%	12	11	92%
Diciembre	14	13	93%	11	11	100%

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 29, se puede visualizar que el número de Órdenes de trabajo conformes de la máquina JODDER, es decir flejes ya no presentan laterales defectuosos, por lo tanto, aumenta favorablemente su porcentaje de calidad. A continuación, se presenta un resumen (ver tabla 30) de la eficiencia general de la máquina JODDER, la cual resulta de multiplicar los porcentajes de disponibilidad, rendimiento y calidad, y se visualiza que el OEE mejorado aumenta en un 17 % en promedio respecto al indicador actual.

Tabla 30: OEE de la máquina JODDER

Disponibilidad	Rendimiento	Calidad	OEE actual	Disponibilidad	Rendimiento	Calidad	OEE mejorado
97%	48%	83%	39%	98%	59%	92%	53%
95%	88%	82%	69%	98%	84%	93%	77%
97%	48%	83%	69%	98%	82%	92%	74%
98%	58%	86%	48%	98%	66%	100%	65%
94%	56%	82%	43%	95%	89%	92%	77%
97%	53%	93%	48%	97%	76%	100%	74%

Fuente: Elaboración propia

- **De la implementación de la herramienta Trabajo estándar se obtuvo:**

Del tiempo de ciclo AS IS del subproceso de armado de 1020 minutos paso a 866 minutos de tiempo ciclo TO BE obteniendo una reducción de tiempo de 154 minutos teniendo una mejora del 12% incrementando la capacidad de producción a 14 piezas al mes.

Tabla 31: Capacidad de producción antes y después de la mejora

Meses	Capacidad de producción 2018 (unidades)	Capacidad de producción 2019 (unidades)	Aumenta
Julio	12	14	12%
Agosto	14	15	4%
Setiembre	11	13	17%
Octubre	12	13	6%
Noviembre	12	13	9%
Diciembre	13	14	4%
<b>Promedio</b>	<b>12</b>	<b>14</b>	<b>9%</b>

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 31 se ve los tiempos del proceso de elaboración de núcleo antes de haber aplicado la herramienta de trabajo estándar y los resultados de la aplicación después de haber realizado la mejora, se obtuvo un 9% de aumento en la capacidad de producción aplicando la herramienta trabajo estándar en el subproceso de armado siendo 2 unidades más a producir que la anterior.

- **La implementación de la herramienta SMED, Mantenimiento autónomo y Trabajo estándar en conjunto se obtuvo:**

Los tiempos de los subprocesos en el año 2019 disminuyeron en, ver tabla 32:

Tabla 32: Tiempo de disminución por subproceso mejorado

Meses	armado (min)	pre-corte (min)	corte (min)
Julio	167.40	27.90	16.74
Agosto	135.00	22.50	13.50
Setiembre	145.80	24.30	14.58
Octubre	151.20	25.20	15.12
Noviembre	145.80	24.30	14.58
Diciembre	140.40	23.40	14.04
<b>Promedio</b>	<b>147.60</b>	<b>24.60</b>	<b>14.76</b>

Fuente: Elaboración propia

El tiempo del proceso de elaboración de núcleo se redujo en 15% para el año 2019 (ver tabla 33).

Tabla 33: Tiempo del proceso de elaboración núcleo AS IS – TO BE

Meses	Tiempo del proceso 2018 (min)	Tiempo del proceso 2019 (min)	Reduce
Julio	1800	1648	8%
Agosto	1560	1329	15%
Setiembre	1800	1435	20%
Octubre	1740	1488	14%
Noviembre	1680	1435	15%
Diciembre	1620	1382	15%
<b>Promedio</b>	<b>1700</b>	<b>1453</b>	<b>15%</b>

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 34 se observa la productividad del año 2018 vs la productividad del año 2019 del proceso de elaboración de núcleo, aumentando la productividad en un 15% para el año 2019 por la implementación de mejora de las herramientas SMED, mantenimiento autónomo y trabajo estándar.

Tabla 34: Productividad del proceso de elaboración AS IS – TO BE

Meses	Productividad 2018 ( unidades/horas)	Productividad 2019 ( unidades/horas)	Aumenta
Julio	0.0333	0.0364	8%
Agosto	0.0385	0.0451	15%
Setiembre	0.0333	0.0418	20%
Octubre	0.0345	0.0403	14%
Noviembre	0.0357	0.0418	15%
Diciembre	0.0370	0.0434	15%
<b>Promedio</b>	<b>0.04</b>	<b>0.04</b>	<b>15%</b>

Fuente: Elaboración propia

Una vez utilizado las herramientas SMED, Mantenimiento autónomo y trabajo estandar se obtuvo el tiempo mejorado del proceso de elaboración de núcleo y se pudo valorizar un ahorro de 5928.75 soles en tiempo, lo cual se visualiza en la tabla 35.

Tabla 35: Valorización de los tiempos del proceso de elaboración de núcleo

Meses	Tiempo del proceso actual 2018 (min)	Tiempo del proceso mejorado 2019 (min)	Reduce	Tiempo del proceso actual 2018 (hrs)	Tiempo del proceso mejorado 2019 (hrs)	Nº OT AS IS	Nº OT TOBE	Valorizado actual 2018	Valorizado mejorado 2019	Ahorro
Julio	1800	1648	8%	30	27	11	12	S/. 6,393.75	S/. 6,277.50	S/. 116.25
Agosto	1560	1329	15%	26	22	14	13	S/. 7,052.50	S/. 5,541.25	S/. 1,511.25
Setiembre	1800	1435	20%	30	24	14	13	S/. 8,137.50	S/. 6,045.00	S/. 2,092.50
Octubre	1740	1488	14%	29	25	12	13	S/. 6,742.50	S/. 6,296.88	S/. 445.62
Noviembre	1680	1435	15%	28	24	11	12	S/. 5,967.50	S/. 5,580.00	S/. 387.50
Diciembre	1620	1382	15%	27	23	12	11	S/. 6,277.50	S/. 4,901.88	S/. 1,375.62
<b>TOTAL</b>										S/. 5,928.75

Fuente: Elaboración propia

#### 4.5. Análisis inferencial

##### 4.5.1. Análisis de la primera hipótesis específica

**Ha:** La aplicación de la herramienta SMED reduce el tiempo del proceso de elaboración de núcleo del transformador de distribución.

Para poder contrastar la hipótesis general, es necesario determinar si los datos del tiempo del proceso de elaboración de núcleo antes y después tienen un comportamiento paramétrico teniendo una muestra de 6; se procederá al análisis de normalidad mediante el estadígrafo de Shapiro Wilk.

Regla de decisión:

**Si  $p\text{-valor} \leq 0.05$** , los datos de la serie tienen un comportamiento no paramétrico

**Si  $p\text{-valor} > 0.05$** , los datos de la serie tienen un comportamiento paramétrico

Tabla 36: Prueba de normalidad de tiempo del proceso con Shapiro Wilk

Pruebas de normalidad			
Shapiro-Wilk			
	Estadístico	gl	Sig.
Tiempo del proceso antes	,920	6	,505
Tiempo del proceso después	,915	6	,417

Fuente: Elaboración propia

De la tabla 36, se verifica que las significancias o el p-valor del tiempo del proceso antes y después es 0.920 siendo mayor estos a 0.05, esto quiere decir que los datos de la serie tienen un comportamiento paramétrico o provienen de una distribución normal por consiguiente se utilizara la prueba de T-student.

### Contrastación de la primera hipótesis específica

**Ho:** La aplicación de la herramienta SMED no reduce el tiempo del proceso de elaboración de núcleo del transformador de distribución.

**Ha:** La aplicación de la herramienta SMED reduce el tiempo del proceso de elaboración de núcleo del transformador de distribución.

Regla de decisión:

$$H_0: \mu_{Pa} \leq \mu_{Pd}$$

$$H_a: \mu_{Pa} > \mu_{Pd}$$

Tabla 37: Comparación de medias del tiempo del proceso AS IS – TO BE

Estadísticas de muestras emparejadas			
	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
Tiempo del proceso antes	1700,00	97,97	40,00
Tiempo del proceso después	1574,50	119,19	48,62

Fuente: Elaboración propia

De la tabla 37, ha quedado demostrado que la media de capacidad de producción antes es de 1700,00 siendo menor a la media de capacidad de producción después de 1574, 50 por consiguiente no cumple con  $H_0: \mu_{Pa} \leq \mu_{Pd}$  en tal razón se rechaza la hipótesis nula que la aplicación de la herramienta SMED no reduce el tiempo del proceso de elaboración de núcleo del transformador de distribución y se acepta la hipótesis alterna, por lo cual queda demostrado que la aplicación de la herramienta SMED incrementa la capacidad de producción del proceso de elaboración de núcleo del transformador de distribución.

Al fin de confirmar que el análisis es el correcto, evaluaremos el  $p$ -valor o significancia de los resultados de la aplicación de la prueba T-student a ambas capacidades de producción.

Regla de decisión:

**Si  $p$ -valor  $\leq 0.05$ ,** se rechaza la hipótesis nula

**Si  $p$ -valor  $> 0.05$ ,** se acepta la hipótesis nula

Tabla 38: Estadísticos de prueba de T-student para el tiempo del proceso

Correlaciones de muestras emparejadas			
	t	gl	Sig.
Tiempo del proceso antes			
Tiempo del proceso después	4,202	5	,008

Fuente: Elaboración propia

De la tabla 38, se puede verificar que la significancia de la prueba de T-student aplicada a la capacidad de producción de antes y después es de 0.08, de acuerdo a la regla de decisión se rechaza la hipótesis nula y se acepta la aplicación de la herramienta SMED reduce el tiempo del proceso de elaboración de núcleo del transformador de distribución

#### 4.5.2. Análisis de la segunda hipótesis específica

**Ha:** La aplicación del mantenimiento autónomo incrementa la eficiencia de la máquina MTM en el proceso de elaboración de núcleo del transformador de distribución.

Para poder contrastar la hipótesis específica, es necesario determinar si los datos de la eficiencia de los equipos antes y después tienen un comportamiento paramétrico teniendo una muestra de 6; se procederá al análisis de normalidad mediante el estadígrafo de Shapiro Wilk.

Regla de decisión:

**Si  $\rho$ -valor  $\leq 0.05$ ,** los datos de la serie tienen un comportamiento no paramétrico

**Si  $\rho$ -valor  $> 0.05$ ,** los datos de la serie tienen un comportamiento paramétrico

Tabla 39: Prueba de normalidad del OEE con Shapiro Wilk

Pruebas de normalidad			
Shapiro-Wilk			
	Estadístico	gl	Sig.
OEE actual maquina MTM	,946	6	,708
OEE mejorado maquina MTM	,947	6	,720

Fuente: Elaboración Propia

De la tabla 39, se verifica que la significancia de las eficiencias antes es de 0.708 y después de 0.720 dados que la significancia o  $\rho$ -valor son mayores a 0.05 según la regla de decisión, se asume que los datos tienen un comportamiento paramétrico o procede de una distribución normal, por ello se utilizara el T-student.

#### Contrastación de la segunda hipótesis específica

**Ho:** La aplicación del mantenimiento autónomo no incrementa la eficiencia de la máquina MTM en el proceso de elaboración de núcleo del transformador de distribución.

**Ha:** La aplicación de la herramienta trabajo estándar incrementa la eficiencia de las máquinas MTM en el proceso de elaboración de núcleo del transformador de distribución.

Regla de decisión:

$$H_0: \mu_{Pa} \geq \mu_{Pd}$$

$$H_a: \mu_{Pa} < \mu_{Pd}$$

Tabla 40: Comparación de medias de la eficiencia de la máquina MTM

Estadísticas de muestras emparejadas			
	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
OEE actual maquina MTM	57,67	5,164	2,108
OEE mejorado maquina MTM	71,33	12,111	4,944

Fuente: Elaboración Propia

De la tabla 40, ha quedado demostrado que la media eficiencia de máquina actual es de 57.67 siendo menor a la media de eficiencia mejorada de la máquina MTM de 71.33, por consiguiente no cumple con  $H_0: \mu_{Pa} \geq \mu_{Pd}$  en tal razón se rechaza la hipótesis nula que la aplicación de mantenimiento autónomo no incrementa la eficiencia de la máquina MTM y se acepta la hipótesis alterna, por lo cual queda demostrado que la aplicación de la herramienta mantenimiento autónomo incrementa la eficiencia de la máquina MTM en el proceso de elaboración de núcleo del transformador de distribución.

A fin de confirmar que el análisis es el correcto, evaluaremos el p-valor o significancia de los resultados de la aplicación de la prueba T-student a ambas eficiencias de las Máquinas.

Regla de decisión:

**Si  $p\text{-valor} \leq 0.05$ , se rechaza la hipótesis nula**

**Si  $p\text{-valor} > 0.05$ , se acepta la hipótesis nula**

Tabla 41: Estadísticos de prueba de T-student para la eficiencia de la máquina MTM

Correlaciones de muestras emparejadas			
	t	gl	Sig.(bilateral).
OEE actual maquina MTM			
OEE mejorado maquina MTM	-3,493	5	,017

Fuente: Elaboración propia

De la tabla 41, se puede verificar que la significancia de la prueba de T-student aplicada a la capacidad de producción de antes y después es de 0.17, de acuerdo a la regla de decisión se rechaza la hipótesis nula y se acepta que la aplicación del mantenimiento

autónomo incrementa la eficiencia de la máquina MTM en el proceso de elaboración de núcleo del transformador de distribución.

**Ha:** La aplicación del mantenimiento autónomo incrementa la eficiencia de la máquina JODDER en el proceso de elaboración de núcleo del transformador de distribución.

Para poder contrastar la hipótesis específica, es necesario determinar si los datos de la eficiencia actual y mejorada de las máquinas tienen un comportamiento paramétrico teniendo una muestra de 6; se procederá al análisis de normalidad mediante el estadígrafo de Shapiro Wilk.

Regla de decisión:

**Si  $\rho\text{-valor} \leq 0.05$ ,** los datos de la serie tienen un comportamiento no paramétrico

**Si  $\rho\text{-valor} > 0.05$ ,** los datos de la serie tienen un comportamiento paramétrico.

Tabla 42: Prueba de normalidad del OEE con Shapiro Wilk

Pruebas de normalidad			
Shapiro-Wilk			
	Estadístico	gl	Sig.
OEE actual maquina JODDER	,825	6	,097
OEE mejorado maquina JODDER	,815	6	,079

Fuente: Elaboración propia

De la tabla 42, se verifica que la significancia de las eficacias antes es de 0.097 y después de 0.079 dados que la significancias o  $\rho\text{-valor}$  son mayores a 0.05 según la regla de decisión, se asume que los datos tienen un comportamiento paramétrico o procede de una distribución normal, por ello se utilizara el T-student.

### Contrastación de la segunda hipótesis específica

**Ho:** La aplicación del mantenimiento autónomo no incrementa la eficiencia de la máquina JODDER en el proceso de elaboración de núcleo del transformador de distribución.

**Ha:** La aplicación del mantenimiento autónomo incrementa la eficiencia de la máquina JODDER en el proceso de elaboración de núcleo del transformador de distribución.

Regla de decisión:

**Ho:  $\mu Pa \geq \mu Pm$**

**Ha:  $\mu Pa < \mu Pm$**

Tabla 43: Comparación de medias de la eficiencia de la máquina JODDER

<b>Estadísticas de muestras emparejadas</b>			
	<b>Media</b>	<b>Desviación estándar</b>	<b>Media de error estándar</b>
OEE actual maquina JODDER	52,67	13,095	5,346
OEE mejorado maquina JODDER	70,17	9,538	3,894

Fuente: Elaboración propia

De la tabla 43, ha quedado demostrado que la media eficiencia de máquina actual es de 52.67 siendo menor a la media de eficiencia de la máquina JODDER mejorada de 70.17, por consiguiente no cumple con  $H_0: \mu_{Pa} \geq \mu_{Pm}$  en tal razón se rechaza la hipótesis nula que la aplicación de mantenimiento autónomo no incrementa la eficiencia de la máquina JODDER y se acepta la hipótesis alterna, por lo cual queda demostrado que la aplicación de la herramienta mantenimiento autónomo incrementa la eficiencia de la máquina JODDER en el proceso de elaboración de núcleo del transformador de distribución.

A fin de confirmar que el análisis es el correcto, evaluaremos el  $p$ -valor o significancia de los resultados de la aplicación de la prueba T-student a ambas eficiencias de las máquinas.

Regla de decisión:

**Si  $p$ -valor  $\leq 0.05$** , se rechaza la hipótesis nula

**Si  $p$ -valor  $> 0.05$** , se acepta la hipótesis nula

Tabla 44: Prueba de T-student para la eficiencia de la máquina JODDER

<b>Correlaciones de muestras emparejadas</b>			
	<b>t</b>	<b>gl</b>	<b>Sig.(bilateral).</b>
OEE actual maquina JODDER			
OEE mejorado maquina JODDER	-3,688	5	,014

Fuente: Elaboración Propia

De la tabla 44, se puede verificar que la significancia de la prueba de T-student aplicada a la eficiencia de la máquina JODDER actual y mejorada es de 0.14, de acuerdo a la regla de decisión se rechaza la hipótesis nula y se acepta que la aplicación del mantenimiento autónomo incrementa la eficiencia de la máquina JODDER en el proceso de elaboración de núcleo del transformador de distribución.

#### 4.5.3. Análisis de la tercera hipótesis específica

**Ho:** La aplicación de la herramienta trabajo estándar no incrementa la capacidad de producción del proceso de elaboración de núcleo del transformador de distribución.

**Ha:** La aplicación de la herramienta trabajo estándar incrementa la capacidad de producción del proceso de elaboración de núcleo del transformador de distribución.

A fin de contrastar la hipótesis general, es necesario determinar si los datos de la capacidad de producción antes y después tienen un comportamiento paramétrico teniendo una muestra de 6; se procederá al análisis de normalidad mediante el estadígrafo de Shapiro Wilk.

Regla de decisión:

**Si  $\rho$ -valor  $\leq 0.05$ ,** los datos de la serie tienen un comportamiento no paramétrico

**Si  $\rho$ -valor  $> 0.05$ ,** los datos de la serie tienen un comportamiento paramétrico

Tabla 45: Prueba de normalidad de capacidad de producción con Shapiro Wilk

Pruebas de normalidad			
Shapiro-Wilk			
	Estadístico	gl	Sig.
Capacidad de producción antes	,915	6	,473
Capacidad de producción después	,866	6	,212

Fuente: Elaboración propia

De la tabla 45, se verifica que la significancia de las eficacias, antes es de 0.473 y después de 0.212 dados que la significancias o  $\rho$ -valor son mayores a 0.05 según la regla de decisión, se asume que los datos tienen un comportamiento paramétrico o procede de una distribución normal, por ello se utilizara el T-student.

#### Contrastación de la tercera hipótesis específica

**Ho:** La aplicación de la herramienta trabajo estándar no incrementa la capacidad de producción del proceso de elaboración de núcleo del transformador de distribución.

**Ha:** La aplicación de la herramienta trabajo estándar incrementa la capacidad de producción del proceso de elaboración de núcleo del transformador de distribución.

Regla de decisión:

**Ho:  $\mu Pa \geq \mu Pd$**

**Ha:  $\mu Pa < \mu Pd$**

Tabla 46: Comparación de medias de la capacidad de producción AS IS – TO BE

<b>Estadísticas de muestras emparejadas</b>			
	<b>Media</b>	<b>Desviación estándar</b>	<b>Media de error estándar</b>
Capacidad de producción antes	12,33	1,033	,422
Capacidad de producción después	13,83	,753	,307

Fuente: Elaboración propia

De la tabla 46, ha quedado demostrado que la media de capacidad de producción antes es de 12.33 siendo menor a la media de capacidad de producción después de 13.83, por consiguiente no cumple con  $H_0: \mu_{Pa} \geq \mu_{Pd}$  en tal razón se rechaza la hipótesis nula que la aplicación de la herramienta trabajo estándar no incrementa la capacidad de producción y se acepta la hipótesis alterna, por lo cual queda demostrado que la aplicación de la herramienta trabajo estándar incrementa la capacidad de producción del proceso de elaboración de núcleo del transformador de distribución.

Al fin de confirmar que el análisis es el correcto, evaluaremos el p-valor o significancia de los resultados de la aplicación de la prueba T-student a ambas capacidades de producción.

Regla de decisión:

**Si  $p\text{-valor} \leq 0.05$ , se rechaza la hipótesis nula**

**Si  $p\text{-valor} > 0.05$ , se acepta la hipótesis nula**

Tabla 47: Estadísticos de prueba de T-student para la capacidad de producción

<b>Correlaciones de muestras emparejadas</b>			
	<b>t</b>	<b>gl</b>	<b>Sig.(bilateral).</b>
Capacidad de producción antes			
Capacidad de producción después	-6,708	5	,001

Fuente: Elaboración propia

De la tabla 47, se puede verificar que la significancia de la prueba de T-student aplicada a la capacidad de producción de antes y después es de 0.001, de acuerdo a la regla de decisión se rechaza la hipótesis nula y se acepta la aplicación de la herramienta trabajo estándar incrementa la capacidad de producción del proceso de elaboración de núcleo del transformador de distribución.

#### 4.5.4. Análisis de la hipótesis general

**Ha:** La propuesta de aplicación de la manufactura esbelta mejorará la productividad del proceso de elaboración de núcleo del transformador de distribución.

A fin de contrastar la hipótesis general, es necesario determinar si los datos de la capacidad de producción antes y después tienen un comportamiento paramétrico teniendo una muestra de 6; se procederá al análisis de normalidad mediante el estadígrafo de Shapiro Wilk.

Regla de decisión:

**Si  $\rho$ -valor  $\leq 0.05$ ,** los datos de la serie tienen un comportamiento no paramétrico

**Si  $\rho$ -valor  $> 0.05$ ,** los datos de la serie tienen un comportamiento paramétrico

Tabla 48: Prueba de normalidad de productividad del proceso con Shapiro Wilk

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Productividad del proceso antes	,920	6	,507
Productividad del proceso después	,945	6	,704

Fuente: Elaboración propia

De la tabla 48, se verifica que la significancia de las eficacias antes es de 0.920 y después de 0.945 dados que la significancia o  $\rho$ -valor son mayores a 0.05 según la regla de decisión, se asume que los datos tienen un comportamiento paramétrico o procede de una distribución normal, por ello se utilizara el T-student.

#### Contrastación de la tercera hipótesis específica

**Ho:** La propuesta de aplicación de la manufactura esbelta no mejorará la productividad del proceso de elaboración de núcleo del transformador de distribución

**Ha:** La propuesta de aplicación de la manufactura esbelta mejorará la productividad del proceso de elaboración de núcleo del transformador de distribución

Regla de decisión:

$$H_0: \mu_{Pa} \geq \mu_{Pd}$$

$$H_a: \mu_{Pa} < \mu_{Pd}$$

Tabla 49: Comparación de medias de la productividad del proceso AS IS – TO BE

<b>Estadísticas de muestras emparejadas</b>			
	<b>Media</b>	<b>Desviación estándar</b>	<b>Media de error estándar</b>
Productividad del proceso antes	,355	20,92	8,542
Productividad del proceso después	,414	29,73	12,137

Fuente: Elaboración propia

De la tabla 49, ha quedado demostrado que la media de productividad del proceso antes es de 0,355 siendo menor a la media de capacidad de producción después de 0,414, por consiguiente no cumple con  $H_0: \mu_{Pa} \geq \mu_{Pd}$  en tal razón se rechaza la hipótesis nula aplicación de la manufactura esbelta no mejorará la productividad del proceso y se acepta la hipótesis alterna, por lo cual queda demostrado que la aplicación de la manufactura esbelta mejorará la productividad del proceso de elaboración de núcleo del transformador de distribución

Al fin de confirmar que el análisis es el correcto, evaluaremos el  $p$ -valor o significancia de los resultados de la aplicación de la prueba T-student a ambas capacidades de producción.

Regla de decisión:

**Si  $p$ -valor  $\leq 0.05$ , se rechaza la hipótesis nula**

**Si  $p$ -valor  $> 0.05$ , se acepta la hipótesis nula**

Tabla 50: Estadísticos de prueba de T-student para la productividad del proceso

<b>Correlaciones de muestras emparejadas</b>			
	<b>t</b>	<b>gl</b>	<b>Sig.(bilateral).</b>
Productividad del proceso antes	-8,550	5	,001
Productividad del proceso después			

Fuente: Elaboración propia

De la tabla 50, se puede verificar que la significancia de la prueba de T-student aplicada a la productividad del proceso de antes y después es de 0.001, de acuerdo a la regla de decisión se rechaza la hipótesis nula y se acepta la aplicación de la manufactura esbelta mejorará la productividad del proceso de elaboración de núcleo del transformador de distribución.

## CONCLUSIONES

- 1.) El mapeo del flujo de valor de la línea de elaboración de núcleo permitió identificar que el desperdicio en el tiempo en el proceso de elaboración de núcleo se debe a las paradas de máquinas, tiempo de preparación, ajustes y defectos en el proceso.
- 2.) Las paradas menores (paradas de producción que no necesitan intervención de mantenimiento) ocurridas en el proceso de elaboración de núcleo es la principal causante de que la efectividad global de la línea (OEE, por sus siglas en inglés) sea 53%, lo que se considera inaceptable.
- 3.) Los motivos más comunes por los que suceden las paradas menores tienen como causa la inadecuada limpieza de las máquinas. La implementación del mantenimiento autónomo tendrá efecto en este problema y disminuirá las averías, obteniendo como resultado un incremento en la eficiencia de los equipos MTM Y JODDER en un 17%. Por otro lado, el empleo del cambio rápido de herramienta (SMED) permitirá que la preparación de máquina mejore en 3% en todo el proceso de elaboración de núcleo.
- 4.) En lo que respecta al incremento de la capacidad de producción, se usó la herramienta trabajo estándar en el armado de núcleo, donde el tiempo de ciclo AS IS del subproceso en mención con un tiempo de 1020 minutos paso a 866 minutos de tiempo ciclo TO BE obteniendo una reducción de tiempo de 154 minutos habiendo mejorado el 12%, incrementando la capacidad de producción a 14 piezas al mes.
- 5.) Con la implementación de la metodología manufactura esbelta aplicando las herramientas de SMED, mantenimiento autónomo y trabajo estándar en el proceso de elaboración de núcleo se obtendrá un ahorro de 5928.75 soles.

## RECOMENDACIONES

- 1.) La propuesta de mejora se realizó para el proceso de elaboración de núcleo con la finalidad de generar mayor impacto en la organización. Sin embargo, con el propósito de fortalecer una mejora continua mediante la eliminación de desperdicios como es la manufactura esbelta, se debe difundir la implementación en los siguientes procesos de producción en el orden de prioridad. Las herramientas a utilizar dependerán del análisis de pérdidas en el flujo de valor de los siguientes procesos.
- 2.) Es de importancia la incorporación del indicador de eficiencia general de los equipos (OEE, por sus siglas en inglés) como indicador de productividad del proceso evaluado. Por tanto, es preciso el seguimiento y análisis de las importantes pérdidas causantes de su variabilidad.
- 3.) Se propuso el uso de la herramienta de cambio rápido o SMED para disminuir el tiempo de preparación de máquinas de los subprocesos de pre-corte (máquina Jodder) y corte (máquina MTM) del núcleo; sin embargo, es posible aplicar el cambio de bobina para disminuir los ajustes externos que se realicen, con el objetivo de disminuir los tiempos de cambio y tiempos de desplazamientos para aumentar la disponibilidad de las máquinas.
- 4.) En relación con la implementación del mantenimiento autónomo, el uso de tarjetas de limpieza, lubricación y puntos de chequeo deben realizarse en toda la línea de producción de acuerdo con las necesidades. Se procura que con el tiempo las actividades de limpieza, inspección y lubricación no se consideren tareas complejas, al contrario, sean cada vez más sencillas. Por lo tanto, el seguimiento y la actualización del plan de limpieza y lubricación queda hasta convertirse en un plan anual general de la línea.
- 5.) Finalmente, se aconseja esta investigación a los posteriores tesisistas por la magnitud y el análisis desarrollado en la propuesta, lo cual comprende desde los puntos más críticos observados en un proceso y el uso de herramientas ingenieriles para tener un enfoque de mejora continua. Agregar también que los aportes del asesor y revisores fueron cruciales para la explicación de esta tesis.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anaya.J. (2016). *Organización de la producción industrial*. Madrid, España: ESIC.
- Baca.G, Cruz, M., Cristóbal, M., Gutiérrez, J., Pacheco, A., Rivera, Á., . . . Obregón, M. (2014). *Introducción de la Ingeniería Industrial*. Distrito Federal, México: Grupo Patria.
- Caro, F. (2016). *Análisis de layout en el contexto de lean manufacturing en muelle de la naviera Transmarko S.A.* (Tesis de Pregrado), Universidad Austral de Chile, Valdivia-Chile.
- Carranza, D. (2016). *Análisis y mejora del proceso productivo de confecciones de prendas t-shirt en una empresa textil mediante el uso de herramientas de manufactura esbelta.* (Tesis de Pregrado), Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima-Perú.
- Córtés.J. (2017). *Sistema de gestión de la calidad (ISO 9001:2005)*. Malaga, España: Patria.
- Cuatrecasas.L, & Torrel.F. (2010). *TPM en un entorno Lean Management*. Barcelona, España: PROFIT.
- Fernández.M. (2014). *Lean Manufacturing en español*. Imagen.
- Guevara.E, & Zegarra.R. (2015). *Aplicación de un modelo integrado de gestión de la producción para mejorar la productividad de la línea de fabricación de llaves de cerradura.* (Tesis de Pregrado), Universidad Ricardo Palma, Lima-Perú.
- Hernández.R, Baptista.P, & Fernández.C. (2014). *Metodología de investigación* (Vol. 6ta edición). Mexico: EAFIT.
- Instituto Nacional de Estadística de Informática. (Febrero de 2019). *Instituto Nacional de Estadística de Informática*. Obtenido de <https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/informe-tecnico-de-produccion-nacional-febrero2019.PDF>
- Lema, H. (2014). *Propuesta de mejora del proceso productivo de la línea de productos de papel tisú mediante el empleo de herramientas de manufactura esbelta.* (Tesis de Pregrado), Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima-Perú.
- Madrigal.R. (2018). *Control Estadístico de la calidad*. Mexico: Patria educación.
- Norma Internacional ISO 45001:2018. (2018). *Sistemas de gestión de la seguridad y salud en el trabajo*. Ginebra, Suiza.
- Norma Internacional ISO 9000:2015. (2015). *Sistema de gestión de calidad-Fundamentos y vocabularios*. Ginebra, Suiza.
- Oviedo.A. (2018). *Análisis para la interpretación de la NOM 9001:2015*. México: Patria.
- Platas.J, & Cervantes.M. (2014). *Planeación, diseño y layout de instalaciones*. (E. Patria, Ed.) Distrito Federal, México.

Rajadell, M., & Sánchez, J. (2010). *Lean manufacturing*. España : Diaz de Santos.

Rojas, C. (2016). *Propuesta de distribución de planta para aumentar la productividad en una empresa metalmecánica*. (Tesis de Pregrado), Universidad San Ignacio de Loyola, Lima-Perú.

## ANEXOS

### Anexo 01 : Matriz de consistencia

APLICACIÓN DE MANUFACTURA ESBELTA PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN LA ELABORACIÓN DEL NÚCLEO DE TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN						
Problema	Objetivo	Hipótesis	Variable Independiente	Indicador VI	Variable Dependiente	Indicador VD
<b>General</b>						
¿En qué medida la aplicación de la manufactura esbelta mejora la productividad del proceso de elaboración de núcleo del transformador de distribución?	Determinar en qué medida la aplicación de la manufactura esbelta mejora la productividad del proceso de elaboración de núcleo del transformador de distribución.	La aplicación de la manufactura esbelta mejorará la productividad del proceso de elaboración de núcleo del transformador de distribución.	Manufactura esbelta		Productividad	
<b>Específicos</b>						
¿De qué manera la aplicación de la herramienta SMED reducirá el tiempo del proceso de elaboración de núcleo del transformador de distribución?	Determinar de qué manera la aplicación de la herramienta SMED reducirá el tiempo del proceso de elaboración de núcleo del transformador de distribución.	La aplicación de la herramienta SMED reduce el tiempo del proceso de elaboración de núcleo del transformador de distribución.	SMED	Si/No	Reducción de tiempo	% Reducción de tiempo
¿Cuál es el impacto de la aplicación del mantenimiento autónomo para incrementar la eficiencia de las maquinas del proceso de elaboración de núcleo del transformador de distribución?	Evaluar cuál es el impacto de la aplicación del mantenimiento autónomo para incrementar la eficiencia de las maquinas del proceso de elaboración de núcleo del transformador de distribución.	La aplicación del mantenimiento autónomo incrementa la eficiencia de las maquinas del proceso de elaboración de núcleo del transformador de distribución.	Mantenimiento autónomo	Si/No	Incremento de Eficiencia	% OEE ( Eficiencia general de las maquinas)
¿De qué manera la aplicación de la herramienta flujo continuo incrementa la capacidad de producción del proceso de elaboración de núcleo del transformador de distribución?	Determinar de qué manera la aplicación de la herramienta flujo continuo incrementa la capacidad de producción del proceso de elaboración de núcleo del transformador de distribución.	La aplicación de la herramienta flujo continuo incrementa la capacidad de producción del proceso de elaboración de núcleo del transformador de distribución.	Trabajo estandar	Si/No	Incremento de capacidad	% Capacidad de producción

Fuente : Elaboracion Propia



Ficha de Evaluación de los Instrumentos de Medición

EVALUACIÓN DE INSTRUMENTO “Informe diario de producción ”

INDICADORES DE EVALUACIÓN DEL INSTRUMENTO	CRITERIOS Sobre los ítems del instrumento	VALIDACIÓN		SUGERENCIAS Si debe de eliminarse o modificarse algo
		SI	NO	
1. CLARIDAD	Están formulados con el lenguaje adecuado que facilita la comprensión.	SI		
2. COHERENCIA	Existe relación de los contenidos con los indicadores de la variable.	SI		
3. CONSISTENCIA	Existe una organización lógica en los contenidos y relación con la teoría.	SI		
4. PERTINENCIA	Las categorías de respuestas y sus valores son apropiados.	SI		
5. OBJETIVIDAD	Están expresados en conductas observables y medibles.	SI		

Opinión de aplicabilidad: Aplicable (X) Aplicable después de corregir ( ) No aplicable ( )

Apellidos y nombres del juez validador:

SUAREZ SEMINARIO PEDRO SEGUNDO

Especialidad del validador: INGENIERO INDUSTRIAL

  
 Ing. Pedro S. Suarez Seminario  
 SUPERVISOR GENERAL DEL CUBA S.A.  
 REG. C. LP N° 161403

FIRMA

Fuente: Elaboración propia

Ficha de Evaluación de los Instrumentos de Medición

EVALUACIÓN DE INSTRUMENTO “Informe diario de producción ”

INDICADORES DE EVALUACIÓN DEL INSTRUMENTO	CRITERIOS Sobre los ítems del instrumento	VALIDACIÓN		SUGERENCIAS Si debe de eliminarse o modificarse algo
		SI	NO	
1. CLARIDAD	Están formulados con el lenguaje adecuado que facilita la comprensión.	SI		
2. COHERENCIA	Existe relación de los contenidos con los indicadores de la variable.	SI		
3. CONSISTENCIA	Existe una organización lógica en los contenidos y relación con la teoría.	SI		
4. PERTINENCIA	Las categorías de respuestas y sus valores son apropiados.	SI		
5. OBJETIVIDAD	Están expresados en conductas observables y medibles.	SI		

Opinión de aplicabilidad: Aplicable (X) Aplicable después de corregir ( ) No aplicable ( )

Apellidos y nombres del juez validador:

PAITANALIA LINDO IVÁN

Especialidad del validador: INGENIERÍA ELÉCTRICA

 IVAN HECTOR PAITANALIA LINDO  
INGENIERO ELECTRICISTA  
Reg. 906656 Colegio de Ingenieros N° 906656

FIRMA

Ficha de Evaluación de los Instrumentos de Medición

EVALUACIÓN DE INSTRUMENTO “Informe diario de producción ”

INDICADORES DE EVALUACIÓN DEL INSTRUMENTO	CRITERIOS Sobre los ítems del instrumento	VALIDACIÓN		SUGERENCIAS Si debe de eliminarse o modificarse algo
		SI	NO	
1. CLARIDAD	Están formulados con el lenguaje adecuado que facilita la comprensión.	si		
2. COHERENCIA	Existe relación de los contenidos con los indicadores de la variable.	si		
3. CONSISTENCIA	Existe una organización lógica en los contenidos y relación con la teoría.	si		
4. PERTINENCIA	Las categorías de respuestas y sus valores son apropiados.	si		
5. OBJETIVIDAD	Están expresados en conductas observables y medibles.	si		

Opinión de aplicabilidad: Aplicable ( ) Aplicable después de corregir ( ) No aplicable ( )

Apellidos y nombres del juez validador:

Alex Johnny Sulca Tacilla

Especialidad del validador: Ing. Electrico

  
 -----  
 ALEX JOHNNY  
 SULCA TACILLA  
 INGENIERO ELECTRICISTA  
 Reg. CIP N° 213822

FIRMA

Fuente: Elaboración propia

Anexo 06 : Formato de tiempos de fabricación de transformador

12 de Diciembre del 2018

REGISTRO	TIEMPOS DE FABRICACIÓN DE TRANSFORMADORES																
	EN HORAS - HOMBRE Periodo de Revision : Cada seis meses Altura : hasta 2500 Mts.																
FABRICACION	NUCLEO ENVUELTO								NUCLEO APILADO								
TIPOS	3095	3100	3120	3121	3150	3151	3176	3186	3190	3190	3220	3240	3265	3325	3315	3326	3385
PROCESOS / POTENCIA KVA	38	50	75	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000
PREP. AISLANTES																	
NÚCLEO																	
PRENSA																	
TANQUE																	
TAPA																	
CONSERVADOR																	
BOBINAS																	
MONTAJE Y CONEXIONADO																	
ENCUBADO																	
PRUEBAS																	
PINTURA																	
TOTAL																	

Fuente: Elaboración propia

Ficha de Evaluación de los Instrumentos de Medición

EVALUACIÓN DE INSTRUMENTO “ Tiempos de fabricación de transformadores”

INDICADORES DE EVALUACIÓN DEL INSTRUMENTO	CRITERIOS Sobre los ítems del instrumento	VALIDACIÓN		SUGERENCIAS Si debe de eliminarse o modificarse algo
		SI	NO	
1. CLARIDAD	Están formulados con el lenguaje adecuado que facilita la comprensión.	SI		
2. COHERENCIA	Existe relación de los contenidos con los indicadores de la variable.	SI		
3. CONSISTENCIA	Existe una organización lógica en los contenidos y relación con la teoría.	SI		
4. PERTINENCIA	Las categorías de respuestas y sus valores son apropiados.	SI		
5. OBJETIVIDAD	Están expresados en conductas observables y medibles.	SI		

Opinión de aplicabilidad: Aplicable () Aplicable después de corregir ( ) No aplicable ( )

Apellidos y nombres del juez validador:

SUAREZ SEMENARIO PEDRO SEGUNDO

Especialidad del validador: INGENIERO INDUSTRIAL.

  
Ing. Pedro S. Suarez Seminario  
 SUPERVISOR SSOMA DEL CROSA S.A  
 REG. C.I.P. N° 161403

FIRMA

Fuente: Elaboración propia

EVALUACIÓN DE INSTRUMENTO “ Tiempos de fabricación de transformadores”

INDICADORES DE EVALUACIÓN DEL INSTRUMENTO	CRITERIOS Sobre los ítems del instrumento	VALIDACIÓN		SUGERENCIAS Si debe de eliminarse o modificarse algo
		SI	NO	
1. CLARIDAD	Están formulados con el lenguaje adecuado que facilita la comprensión.	SI		
2. COHERENCIA	Existe relación de los contenidos con los indicadores de la variable.	SI		
3. CONSISTENCIA	Existe una organización lógica en los contenidos y relación con la teoría.	SI		
4. PERTINENCIA	Las categorías de respuestas y sus valores son apropiados.	SI		
5. OBJETIVIDAD	Están expresados en conductas observables y medibles.	SI		

Opinión de aplicabilidad: Aplicable (X) Aplicable después de corregir ( ) No aplicable ( )

Apellidos y nombres del juez validador:

DAÍAMALA LINO IVÁN

Especialidad del validador: INGENIERIA ELÉCTRICA

 IVAN HECTOR PAITAMALA LINO  
INGENIERO ELECTRICISTA  
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 95656

FIRMA

Fuente: Elaboración propia

Ficha de Evaluación de los Instrumentos de Medición

EVALUACIÓN DE INSTRUMENTO “ Tiempos de fabricación de transformadores”

INDICADORES DE EVALUACIÓN DEL INSTRUMENTO	CRITERIOS Sobre los ítems del instrumento	VALIDACIÓN		SUGERENCIAS Si debe de eliminarse o modificarse algo
		SI	NO	
1. CLARIDAD	Están formulados con el lenguaje adecuado que facilita la comprensión.	si		
2. COHERENCIA	Existe relación de los contenidos con los indicadores de la variable.	si		
3. CONSISTENCIA	Existe una organización lógica en los contenidos y relación con la teoría.	si		
4. PERTINENCIA	Las categorías de respuestas y sus valores son apropiados.	si		
5. OBJETIVIDAD	Están expresados en conductas observables y medibles.	si		

Opinión de aplicabilidad: Aplicable ( ) Aplicable después de corregir ( ) No aplicable ( )

Apellidos y nombres del juez validador:

Alex Johnny Sulca Tacilla

Especialidad del validador:

Ing. Electrica

  
 -----  
 ALEX JOHNNY  
 SULCA TACILLA  
 INGENIERO ELECTRICISTA  
 Reg. CIP N° 213622

FIRMA

Fuente: Elaboración propia

Anexo 10 :Formato para el indicador de cumplimiento de mantenimiento preventivo

REGISTRO		INDICADOR DE CUMPLIMIENTO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO 2018			RGM 099
					REVISIÓN: 1
		ACTIVIDADES			TOTAL MES
		PROGRAMADAS	REALIZADAS	CUMPLIMIENTO	
MES: .....	MÁQUINA JODDER				
	MÁQUINA MTM				
	EQUIPOS EN GENERAL				
	BOBINADORAS				
	GRUAS				
MES: .....	MÁQUINA JODDER				
	MÁQUINA MTM				
	EQUIPOS EN GENERAL				
	BOBINADORAS				
	GRUAS				
MES: .....	MÁQUINA JODDER				
	MÁQUINA MTM				
	EQUIPOS EN GENERAL				
	BOBINADORAS				
	GRUAS				
MES: .....	MÁQUINA JODDER				
	MÁQUINA MTM				
	EQUIPOS EN GENERAL				
	BOBINADORAS				
	GRUAS				
MES: .....	MÁQUINA JODDER				
	MÁQUINA MTM				
	EQUIPOS EN GENERAL				
	BOBINADORAS				
	GRUAS				
MES: .....	MÁQUINA JODDER				
	MÁQUINA MTM				
	EQUIPOS EN GENERAL				
	BOBINADORAS				
	GRUAS				
MES: .....	MÁQUINA JODDER				
	MÁQUINA MTM				
	EQUIPOS EN GENERAL				
	BOBINADORAS				
	GRUAS				
MES: .....	MÁQUINA JODDER				
	MÁQUINA MTM				
	EQUIPOS EN GENERAL				
	BOBINADORAS				
	GRUAS				
MES: .....	MÁQUINA JODDER				
	MÁQUINA MTM				
	EQUIPOS EN GENERAL				
	BOBINADORAS				
	GRUAS				
MES: .....	MÁQUINA JODDER				
	MÁQUINA MTM				
	EQUIPOS EN GENERAL				
	BOBINADORAS				
	GRUAS				

Elaborado por: Supervisor de Mantenimiento      Aprobado Por: Jefe de Operaciones      Fecha :

Fuente: Elaboración propia

Ficha de Evaluación de los Instrumentos de Medición

EVALUACIÓN DE INSTRUMENTO “Indicador de cumplimiento de mantenimiento preventivo ”

INDICADORES DE EVALUACIÓN DEL INSTRUMENTO	CRITERIOS Sobre los ítems del instrumento	VALIDACIÓN		SUGERENCIAS Si debe de eliminarse o modificarse algo
		SI	NO	
1. CLARIDAD	Están formulados con el lenguaje adecuado que facilita la comprensión.	SI		
2. COHERENCIA	Existe relación de los contenidos con los indicadores de la variable.	SI		
3. CONSISTENCIA	Existe una organización lógica en los contenidos y relación con la teoría.	SI		
4. PERTINENCIA	Las categorías de respuestas y sus valores son apropiados.	SI		
5. OBJETIVIDAD	Están expresados en conductas observables y medibles.	SI		

Opinión de aplicabilidad: Aplicable (X) Aplicable después de corregir ( ) No aplicable ( )

Apellidos y nombres del juez validador:

SUAREZ SEMINARIO PEDRO SEGUNDO

Especialidad del validador: INGENIERO INDUSTRIAL.

  
Ing. Pedro S. Suarez Seminario  
SUPERVISOR ASOMA DEL CRUSA S.A  
REG. C.I.P. N° 161403

FIRMA

Fuente: Elaboración propia

Anexo 12 :Evaluación de instrumento “Indicador de cumplimiento de mantenimiento preventivo”  
validación 2

Ficha de Evaluación de los Instrumentos de Medición

EVALUACIÓN DE INSTRUMENTO “Indicador de cumplimiento de mantenimiento preventivo ”

INDICADORES DE EVALUACIÓN DEL INSTRUMENTO	CRITERIOS Sobre los ítems del instrumento	VALIDACIÓN		SUGERENCIAS Si debe de eliminarse o modificarse algo
		SI	NO	
1. CLARIDAD	Están formulados con el lenguaje adecuado que facilita la comprensión.	SI		
2. COHERENCIA	Existe relación de los contenidos con los indicadores de la variable.	SI		
3. CONSISTENCIA	Existe una organización lógica en los contenidos y relación con la teoría.	SI		
4. PERTINENCIA	Las categorías de respuestas y sus valores son apropiados.	SI		
5. OBJETIVIDAD	Están expresados en conductas observables y medibles.	SI		

Opinión de aplicabilidad: Aplicable (X) Aplicable después de corregir ( ) No aplicable ( )

Apellidos y nombres del juez validador:

DAITAMALA LINO IVÁN

Especialidad del validador:

INGENIERÍA ELÉCTRICA

 IVAN HECTOR DAITAMALA LINO  
INGENIERO ELECTRICISTA  
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 95656

FIRMA

Fuente: Elaboración propia

Ficha de Evaluación de los Instrumentos de Medición

EVALUACIÓN DE INSTRUMENTO “Indicador de cumplimiento de mantenimiento preventivo ”

INDICADORES DE EVALUACIÓN DEL INSTRUMENTO	CRITERIOS Sobre los ítems del instrumento	VALIDACIÓN		SUGERENCIAS Si debe de eliminarse o modificarse algo
		SI	NO	
1. CLARIDAD	Están formulados con el lenguaje adecuado que facilita la comprensión.	Si		
2. COHERENCIA	Existe relación de los contenidos con los indicadores de la variable.	Si		
3. CONSISTENCIA	Existe una organización lógica en los contenidos y relación con la teoría.	Si		
4. PERTINENCIA	Las categorías de respuestas y sus valores son apropiados.	Si		
5. OBJETIVIDAD	Están expresados en conductas observables y medibles.	Si		

Opinión de aplicabilidad: Aplicable (  ) Aplicable después de corregir (  ) No aplicable (  )

Apellidos y nombres del juez validador:  
Alex Johnny Sulca Tacilla

Especialidad del validador: Ing. Electrica

  
-----  
ALEX JOHNNY  
SULCA TACILLA  
INGENIERO ELECTRICISTA  
Reg. CIP N° 213822

FIRMA

Anexo 14 :Formato “ Hoja de actividades de mantenimiento preventivo por equipo y/o maquinaria”

 REGISTRO	<b>HOJA DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO POR EQUIPO Y/O MAQUINARIA</b>	RGM026 REVISIÓN: 2	
<b>EQUIPO:</b>			
<b>SECCIÓN :</b>			
ÍTEM	PARTES A INSPECCIONAR	ACTIVIDADES	FRECUENCIA
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
Elaborado por:			Aprobado Por:
Supervisor de Mantenimiento			Jefe de Operaciones
			FECHA

Fuente: Elaboración propia

Anexo 15 :Evaluación de instrumento “ Hoja de actividades de mantenimiento preventivo por equipo y/o maquinaria” validación 1

Ficha de Evaluación de los Instrumentos de Medición

EVALUACIÓN DE INSTRUMENTO “Hoja de actividades de mantenimiento preventivo por equipo y/o maquinaria”

INDICADORES DE EVALUACIÓN DEL INSTRUMENTO	CRITERIOS Sobre los ítems del instrumento	VALIDACIÓN		SUGERENCIAS Si debe de eliminarse o modificarse algo
		SI	NO	
1. CLARIDAD	Están formulados con el lenguaje adecuado que facilita la comprensión.	SI		
2. COHERENCIA	Existe relación de los contenidos con los indicadores de la variable.	SI		
3. CONSISTENCIA	Existe una organización lógica en los contenidos y relación con la teoría.	SI		
4. PERTINENCIA	Las categorías de respuestas y sus valores son apropiados.	SI		
5. OBJETIVIDAD	Están expresados en conductas observables y medibles.	SI		

Opinión de aplicabilidad: Aplicable (X) Aplicable después de corregir ( ) No aplicable ( )

Apellidos y nombres del juez validador:

SUAREZ SEMINARIO PEDRO SEGUNDO

Especialidad del validador: INGENIERO INDUSTRIAL

  
 Ing. Pedro S. Suarez Seminario  
 SUPERVISOR SSOMA DEL CUBA S.A  
 REG. C.L.P. N° 161403

FIRMA

Fuente: Elaboración propia

Anexo 16 :Evaluación de instrumento “ Hoja de actividades de mantenimiento preventivo por equipo y/o maquinaria” validación 2

Ficha de Evaluación de los Instrumentos de Medición

EVALUACIÓN DE INSTRUMENTO “Hoja de actividades de mantenimiento preventivo por equipo y/o maquinaria”

INDICADORES DE EVALUACIÓN DEL INSTRUMENTO	CRITERIOS Sobre los ítems del instrumento	VALIDACIÓN		SUGERENCIAS Si debe de eliminarse o modificarse algo
		SI	NO	
1. CLARIDAD	Están formulados con el lenguaje adecuado que facilita la comprensión.	SI		
2. COHERENCIA	Existe relación de los contenidos con los indicadores de la variable.	SI		
3. CONSISTENCIA	Existe una organización lógica en los contenidos y relación con la teoría.	SI		
4. PERTINENCIA	Las categorías de respuestas y sus valores son apropiados.	SI		
5. OBJETIVIDAD	Están expresados en conductas observables y medibles.	SI		

Opinión de aplicabilidad: Aplicable (x) Aplicable después de corregir ( ) No aplicable ( )

Apellidos y nombres del juez validador:

PAITAMALA LINO IVÁN

Especialidad del validador: INGENIERIA ELÉCTRICA


  
 IVAN HECTOR PAITAMALA LINO  
 INGENIERO ELECTRICISTA  
 Registro de Ingenieros N° 95658

FIRMA

Fuente: Elaboración propia

Ficha de Evaluación de los Instrumentos de Medición

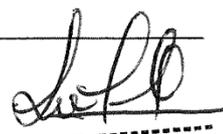
EVALUACIÓN DE INSTRUMENTO “Hoja de actividades de mantenimiento preventivo por equipo y/o maquinaria”

INDICADORES DE EVALUACIÓN DEL INSTRUMENTO	CRITERIOS Sobre los ítems del instrumento	VALIDACIÓN		SUGERENCIAS Si debe de eliminarse o modificarse algo
		SI	NO	
1. CLARIDAD	Están formulados con el lenguaje adecuado que facilita la comprensión.	Si		
2. COHERENCIA	Existe relación de los contenidos con los indicadores de la variable.	Si		
3. CONSISTENCIA	Existe una organización lógica en los contenidos y relación con la teoría.	Si		
4. PERTINENCIA	Las categorías de respuestas y sus valores son apropiados.	Si		
5. OBJETIVIDAD	Están expresados en conductas observables y medibles.	Si		

Opinión de aplicabilidad: Aplicable  Aplicable después de corregir ( ) No aplicable ( )

Apellidos y nombres del juez validador:  
Alex Johnny Sulca Tacilla

Especialidad del validador: Ing. Electricista

  
 -----  
 ALEX JOHNNY  
 SULCA TACILLA  
 INGENIERO ELECTRICISTA  
 Reg. CIP N° 213622

FIRMA

Anexo 18: Formato de entrevista para recolección de datos

<b>FORMATO DE ENTREVISTA PARA RECOLECCIÓN DE DATOS</b>	
Entrevistador:	Fecha:
Formato de la entrevista: <input type="checkbox"/> Video <input type="checkbox"/> Medio digital <input type="checkbox"/> Escrita <input type="checkbox"/> Audio	Duración:
	Área:
Entrevistado:	Tel:
<p><u>Preguntas generales acerca del área</u></p> <p>¿Cuáles son los procesos existentes, incluyendo cualquier diagrama o procedimientos que hayan creado?</p> <p>¿Cómo se comunican con las otras áreas?</p> <p>¿Cómo se comunican con los otros sistemas, servicios o clientes?</p> <p>¿Cuáles son los actuales y futuros reglamentos y estándar de servicio al cliente que deben cumplir?</p> <p><u>Preguntas acerca de temas más específicos de su trabajo</u></p> <p>¿Cómo comienza su procedimiento?</p> <p>¿Qué documentos solicita al participante?</p> <p>¿Recibe información de otros departamentos?</p> <p>¿Cómo termina el procedimiento?</p> <p>¿A quién le envía los resultados del proceso cuando termina su parte?</p> <p>¿Con que sistema trabajan hoy en día?</p> <p>¿Cuáles son las cosas que encuentran más difíciles en el proceso actual y que cosa piensan que puede ser cambiada para mejor?</p> <p>¿Existe algún requerimiento que se necesita implementar?</p> <p>¿Cuál es el software que usan para realizar su trabajo?</p> <p>¿Existe otro software que usan durante el día?</p> <p>¿Reescriben información de un sistema a otro? ¿Cuál es esta información?</p> <p>¿Qué recomienda que se debe mejorar en el proceso?</p> <p><u>Preguntas indirectas para mejorar el área</u></p> <p>¿Qué se está haciendo?</p> <p>¿Cuándo se hace?</p> <p>¿Quién lo está haciendo?</p> <p>¿Dónde se está haciendo?</p> <p>¿Cuánto tiempo requiere?</p> <p>¿Cómo se está haciendo?</p> <p>¿Por qué.....?</p>	

Fuente: Elaboración propia

Ficha de Evaluación de los Instrumentos de Medición

EVALUACIÓN DE INSTRUMENTO “ENTREVISTA PARA RECOLECCIÓN DE DATOS”

INDICADORES DE EVALUACIÓN DEL INSTRUMENTO	CRITERIOS Sobre los ítems del instrumento	VALIDACIÓN		SUGERENCIAS Si debe de eliminarse o modificarse algo
		SI	NO	
1. CLARIDAD	Están formulados con el lenguaje adecuado que facilita la comprensión.	Si		
2. COHERENCIA	Existe relación de los contenidos con los indicadores de la variable.	Si		
3. CONSISTENCIA	Existe una organización lógica en los contenidos y relación con la teoría.	Si		
4. PERTINENCIA	Las categorías de respuestas y sus valores son apropiados.	Si		
5. OBJETIVIDAD	Están expresados en conductas observables y medibles.	Si		

Opinión de aplicabilidad: Aplicable ( X ) Aplicable después de corregir ( ) No aplicable ( )

Apellidos y nombres del juez validador:

Suarez Seminario Pedro Segundo

Especialidad del validador: Ingeniero Industrial

  
Ing. Pedro S. Suarez Seminario  
 SUPERVISOR SUMMA DEL ROSA S.A  
 REG. C.L.P. N° 161493

FIRMA

Fuente: Elaboración propia

Ficha de Evaluación de los Instrumentos de Medición

EVALUACIÓN DE INSTRUMENTO “ENTREVISTA PARA RECOLECCIÓN DE DATOS”

INDICADORES DE EVALUACIÓN DEL INSTRUMENTO	CRITERIOS Sobre los ítems del instrumento	VALIDACIÓN		SUGERENCIAS Si debe de eliminarse o modificarse algo
		SI	NO	
1. CLARIDAD	Están formulados con el lenguaje adecuado que facilita la comprensión.	Si		
2. COHERENCIA	Existe relación de los contenidos con los indicadores de la variable.	Si		
3. CONSISTENCIA	Existe una organización lógica en los contenidos y relación con la teoría.	Si		
4. PERTINENCIA	Las categorías de respuestas y sus valores son apropiados.	Si		
5. OBJETIVIDAD	Están expresados en conductas observables y medibles.	Si		

Opinión de aplicabilidad: Aplicable ( X ) Aplicable después de corregir ( ) No aplicable ( )

Apellidos y nombres del juez validador:

Paitamala Lino Iván

Especialidad del validador: Ingeniero Electricista



IVAN HECTOR PAITAMALA LINO  
INGENIERO ELECTRICISTA  
Registro Nacional de Ingenieros N° 98656

FIRMA

Fuente: Elaboración propia

Ficha de Evaluación de los Instrumentos de Medición

EVALUACIÓN DE INSTRUMENTO “ENTREVISTA PARA RECOLECCIÓN DE DATOS”

INDICADORES DE EVALUACIÓN DEL INSTRUMENTO	CRITERIOS Sobre los ítems del instrumento	VALIDACIÓN		SUGERENCIAS Si debe de eliminarse o modificarse algo
		SI	NO	
1. CLARIDAD	Están formulados con el lenguaje adecuado que facilita la comprensión.	Si		
2. COHERENCIA	Existe relación de los contenidos con los indicadores de la variable.	Si		
3. CONSISTENCIA	Existe una organización lógica en los contenidos y relación con la teoría.	Si		
4. PERTINENCIA	Las categorías de respuestas y sus valores son apropiados.	Si		
5. OBJETIVIDAD	Están expresados en conductas observables y medibles.	Si		

Opinión de aplicabilidad: Aplicable ( X ) Aplicable después de corregir ( ) No aplicable ( )

Apellidos y nombres del juez validador:

Alex Jhonny Sulca Tacilla

Especialidad del validador: Ingeniero Electricista



ALEX JOHNNY  
SULCA TACILLA  
INGENIERO ELECTRICISTA  
Reg. CIP N° 213822

FIRMA