

# **UNIVERSIDAD INCA GARCILASO DE LA VEGA**

**Facultad de Ingeniería Administrativa e Ingeniería Industrial**

**CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**



## **PROPUESTA DE MEJORA DEL PROCESO DE ARMADO DE NÚCLEO PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD EN LA FABRICACIÓN DE TRANSFORMADORES DE LA EMPRESA DELCROSA S.A.**

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

**AUTOR:**

**ZAVALA POMA, SANTOS ENRIQUE**

**ASESOR:**

**HUGO ENRIQUE OBLITAS SALINAS**

**2019**

## DEDICATORIA

Al creador de todas las cosas por darme vida y fuerza en el camino para culminar mis estudios, a mi esposa, padres y hermanas por su apoyo incondicional en cada momento.

## AGRADECIMIENTO

A Dios por darme vida y fuerza en el camino para culminar mis estudios, a mi esposa, padres y hermanas por su apoyo incondicional en cada momento. Por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente, además de su infinita bondad y amor.

A mi esposa Consuelo, que durante estos años ha sabido apoyarme para continuar y nunca renunciar, gracias por su amor incondicional y por su ayuda en mi proyecto.

A mi madre Virginia, que con su demostración de una madre ejemplar me ha enseñado a no desfallecer ni rendirme ante nada, pero más que nada, por su amor.

A mi Padre Santos, por los ejemplos de constancia y perseverancia que lo caracterizan ha sabido guiarme para culminar mi carrera profesional.

A mis familiares, a mi hermana Jenny por ser el mejor ejemplo de perseverancia y que siempre esta brindadme su apoyo incondicional, a mi hermana Laura por siempre estar a mi lado en este arduo camino.

A mis maestros por su apoyo en mi carrera profesional y que formaron parte de aprendizaje profesional.

## ÍNDICE

DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTO .....	iii
ÍNDICE .....	iv
RESUMEN .....	vi
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO DE LA INVESTIGACIÓN .....	2
1.1 Marco histórico .....	2
1.2 Bases teóricas .....	4
1.2.1 Proceso .....	4
1.2.2 Productividad .....	10
1.2.3 Herramientas de Lean Manufacturing .....	17
1.2.4 Herramientas de Ingeniería .....	22
1.2.5 Marco legal .....	27
1.2.6 Investigaciones o antecedentes del estudio .....	30
1.2.6.1 Antecedentes Internacionales .....	30
1.2.6.2 Antecedentes Nacionales .....	32
1.2.7 Marco conceptual .....	33
CAPÍTULO II: EL PROBLEMA, OBJETIVOS, HIPÓTESIS Y VARIABLES .....	35
2.1 Planteamiento del problema .....	35
2.1.1 Descripción de la realidad problemática .....	35
2.1.2 Definición del problema general y específicos .....	36
2.2 Objetivos, delimitación y justificación de la investigación .....	37
2.2.1 Objetivo general y específico .....	37
2.2.2 Delimitación del estudio .....	37
2.2.3 Justificación e importancia del estudio .....	37
2.3 Hipótesis, variables y definición operacional .....	38
2.3.1 Hipótesis general .....	38
2.3.2 Variables, definición operacional e indicadores .....	38
CAPÍTULO III: MÉTODO, TÉCNICA E INSTRUMENTOS .....	40
3.1 Tipo de investigación .....	40
3.2 Diseño a utilizar .....	40
3.3 Universo, población, muestra y muestreo .....	40
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	41

3.5	Procesamiento de datos .....	41
CAPÍTULO IV: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS .....		42
4.1	Presentación de resultados .....	42
4.1.1	Descripción general de la empresa .....	42
4.1.1.1	Políticas de calidad, seguridad, salud ocupacional y medio ambiente ....	43
4.1.1.2	Estructura organizativa.....	45
4.1.2	Análisis situacional.....	46
4.1.2.1	Identificación del problema principal .....	46
4.1.2.2	Identificación de indicadores actuales .....	51
4.1.2.2.1	Eficiencia.....	51
4.1.2.2.2	Eficacia .....	52
4.1.2.2.3	Productividad .....	53
4.1.2.2.4	Takt Time .....	54
4.1.3	Aplicación de la herramienta SMED .....	54
4.1.3.1	Fase preliminar .....	54
4.1.3.2	Fase 01: Análisis de la actividad .....	56
4.1.3.3	Fase 02: Clasificar las actividades como internas o externas.....	59
4.1.3.4	Fase 03: Convertir las actividades internas en externas.....	61
4.1.3.5	Fase 04 : Refinar todo el proceso .....	64
4.1.3.6	Fase post aplicación: Estandarizar .....	67
4.2	Evaluación de la propuesta .....	68
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		77
Conclusiones .....		77
Recomendaciones.....		78
BIBLIOGRAFÍA.....		80
ANEXOS .....		85

## RESUMEN

El desarrollo de la presente investigación tiene como objetivo principal determinar cómo la propuesta de mejora en el proceso de armado de núcleo incrementará la productividad en la fabricación de transformadores de la empresa DELCROSA S.A. La investigación es de tipo aplicada con un diseño analítico prospectivo, teniendo como población a los 10 colaboradores operativos de la empresa, la técnica de recolección fue el análisis documental, para el procesamiento se empleó el diagrama de operaciones del proceso, diagrama de Ishikawa y la herramienta SMED.

La propuesta de mejora estuvo basada en la herramienta SMED, donde se detalló las 4 fases: 1. Análisis situacional del proceso de armado de núcleo y descripción de las actividades. 2 clasificaciones de las actividades internas y externas. 3 conversiones de actividades de internas a externas y finalmente la fase 4 que es la estandarización del método de trabajo y los tiempos. Asimismo, se elaboró un plan de trabajo describiendo cada actividad a ejecutar en la empresa. Al ver los resultados iniciales del proceso de armado de núcleo y detalle de las 4 fases de la herramienta a utilizar, se espera que la propuesta de mejora incremente la productividad en la fabricación de transformadores de la empresa DELCROSA S.A, reduciendo el tiempo de armado del núcleo, aumento de la eficacia y eficiencia en el proceso de armado de núcleo.

En conclusión: se espera una reducción del 33.3% del tiempo de armado, pasando de 9.6 horas a solo 6.4 horas, incrementando la producción de transformadores de la empresa Delcrosa S.A de 20 núcleos a 30 núcleos representando un incremento de la productividad del 50%

**Palabra Clave:** Propuesta de mejora, proceso, armado de núcleo, productividad, transformadores.

## **ABSTRACT**

The main objective of the present investigation is to determine the proposal for improvement in the core development process to increase the productivity in the manufacture of transformers of the company DELCROSA SA. The research is of the type applied with a prospective analytical design, having as a population the 10 operative collaborators of the company, the collection technique to the documentary analysis, for the processing the operation diagram of the process, Ishikawa diagram and the SMED

The improvement proposal was based on the SMED tool, where the 4 phases were detailed: 1. Situational analysis of the core process and the description of the activities. 2 classifications of internal and external activities. 3 conversions from internal to external activities and finally phase 4, which is the standardization of the work method and times. Likewise, a work plan was drawn up describing each activity to be carried out in the company. Seeing the initial results of the core assembly process and detail of the 4 phases of the tool to be used, it is expected that the improvement proposal increases the productivity in the manufacture of transformers of the company DELCROSA SA, reducing the armed time of the core, increased efficiency and efficiency in the core assembly process.

In conclusion: a reduction of 33.3%-armed time is expected, time from 9.6 hours to only 6.4 hours, increase in the production of transformers of the company Delcrosa S.A from 20 cores to 30 cores representing an impression of productivity of 50%

**Keyword:** Proposal for improvement, process, core assembly, productivity, transformers.

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad las organizaciones buscan innovar y mejorar de manera continua, generando un valor agregado al producto, de manera que sean flexibles y ágiles, del cual el cliente esté dispuesto a pagar y que de esta manera represente un aporte a la empresa. La presente investigación pretende incorporar una propuesta de mejora en la empresa DELCROSA S.A, con el fin de incrementar la productividad. Por lo que la presente investigación tiene los siguientes capítulos:

En el primer capítulo, se detalló el marco teórico, filosófico, legal y conceptual entorno a la propuesta de mejora y productividad, al igual que investigaciones nacionales e internacionales.

En el segundo capítulo, se detalla el planteamiento del problema, formulación de la pregunta de investigación, objetivos del estudio, la justificación, delimitaciones, al igual que la hipótesis y las variables.

El tercer capítulo presenta la metodología de estudio, donde comprende el tipo de investigación, diseño, población, muestra, muestreo, técnicas e instrumento de recolección de datos y finalmente el procesamiento de datos.

El cuarto capítulo está comprendido por el análisis situacional del proceso de armado de núcleo, principal indicador, la evaluación económica y la construcción de la propuesta de mejora, basado en la metodología SMED.

Finalmente se abarco las conclusiones y las recomendaciones en base a los resultados encontrados en la presente investigación.



## CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO DE LA INVESTIGACIÓN

### 1.1 Marco histórico

A través de los años la humanidad ha estado ligada a la utilización de la energía.

“El hombre de las cavernas inició la ruta de civilización cuando utilizó el fuego para obtener luz y calor y cada vez que el hombre ha encontrado una nueva fuente o creado un nuevo procedimiento para aprovecharla, ha logrado grandes avances” (Antonio y Díaz, 2008: p.10)

A partir del siglo XVIII se dieron grandes descubrimientos científicos, asimismo aplicaciones tecnológicas que han hecho posible la generación de energía eléctrica, tal como en 1831 donde Michael Faraday descubre las leyes electromagnéticas que rigen los principios de operación y construcción de la maquina eléctrica. El primer sistema de distribución de potencia se usó en EEUU inventado por Thomas Alba Edison para suministrar potencia a las bobinas incandescentes. A finales del siglo XIX, Tesla logra construir el motor de inducción de corriente alterna. Asimismo, algunos trabajos involucraban un sistema de transmisión de electricidad inalámbrico usando una red eléctrica, un transformador de alta frecuencia de núcleo de aire, entre otros. Sin embargo, las diferentes generaciones de transformadores han cambiado como en los siguientes años:

En 1978 “transformador de tipo seco con circuito magnético abierto”.

En 1885 “transformador tipo seco con núcleo cerrado, construido con conductores aislados”

En 1891 “Transformador sumergido en liquido aislante para tensiones de 30 kv”

En 1893 “Se llega a transmitir energía electromagnética sin cables, con el radio transmisor”.

En 1896 “Se construyó la primera central hidroeléctrica en la ciudad de Búfalo”

Considerándose de esta manera a Michael Faraday como el padre del Transformador, quien fue una persona clave en la historia de la electricidad, inventando no solo el transformador sino también el motor.

Por ello, los transformadores están basados en la ley fundamental de la inducción electromagnética, la cual se resume en que: Toda corriente produce un campo magnético. El valor de la corriente determina la intensidad del flujo magnético. El campo magnético se expande y contrae cuando varía la intensidad de la corriente.

En la tesis titulada “Descripción Técnica del procedimiento Normativo para efectuar el Mantenimiento Preventivo a Transformadores de Distribución”, Basilio, Robledo, Soto (2015) han referido que:

La electricidad comienza a partir del siglo XVIII y avanzado hasta el día de hoy en la modernidad. Es el caso del transformador eléctrico que fue construido por Michael Faraday (Newington, Gran Bretaña, 1791 - Londres, 1867), usando dos bobinas enrolladas una sobre la otra. “Al variar la corriente que pasaba por una de ellas, cerrando o abriendo el circuito, el flujo magnético, a través de la segunda bobina variaba y se inducía un flujo magnético” (p.6). Sin embargo, no presento atención, ya que eran otras cuestiones las que le interesaban, como fue el caso de la inducción electromagnética”.

Con el transcurrir de los años, varios fueron los científicos que llevaron a cabo experimentos con distintas versiones de este primer transformador inventado por Michael Faraday (1791 - 1867). En 1884 los ingenieros húngaros Zipernowsky, Bláthy y Deri crearon en Budapest el modelo “ZBD” de transformador de corriente alterna.

En ese orden de ideas, también han precisado que:

“El generador secundario de Gaulard, renombrado transformador por los colaboradores de George Westinghouse (1846 – 1914), consistía de un

núcleo de hierro dulce alrededor del cual se devanaban las bobinas de alta y baja tensión. Con ello, cimentaron las bases de un sistema que reemplazaría al de Thomas Edison (1847 – 1931) para la generación, distribución y consumo de la electricidad. En diciembre de 1885, la Westinghouse Electric Company construyó un transformador monofásico, cuya principal diferencia con el de Gaulard fue el circuito magnético, elaborado con un núcleo acorazado en lugar del núcleo simple de George Westinghouse (1846 – 1914). Nikola Tesla (1856 – 1943), el último gran participante de esta historia, era un ingeniero croata que había inventado en Europa el motor de inducción que trabajaba con CA y recién había ideado los sistemas de transmisión polifásicos (de dos o tres fases). El 23 de mayo de 1886 se emplearon por primera vez transformadores para iluminar la ciudad de Great Barrington, Massachusetts. Ese mismo año, la energía eléctrica se transmitió a 2000 volts en corriente alterna a una distancia de 30 kilómetros, en una línea construida en Cerchi, Italia” (Basilio, *et al* 2015, p.6).

## **1.2 Bases teóricas**

### **1.2.1 Proceso**

Según Pepper (como se citó en Tejena, 2014) un proceso “es una secuencia de actividades que uno o varios sistemas desarrollan para llegar una determinada salida (output) a un usuario, a partir de la utilización de determinados recursos (entradas/input) tal como se muestra en la figura 1”.

Según Collier y James (2009) sostiene que un proceso son actividades que busca la obtención de un cierto resultado. Sin embargo, no basta conocer solo la definición, sino que se debe entender los procesos desde el punto de vista de los negocios.

Dicho de otra forma, los procesos son aquellas actividades o tareas que constituyen el núcleo de una organización las cuales producen o generan un servicio o producto para sus usuarios, con la finalidad de agregar valor a este resultado. (Tejena, 2014)

Para Pérez, *et al* (2011) lo define como “secuencia ordenada de actividades repetitivas cuyo producto tiene valor para el usuario o cliente” (p37). Por lo que permite hablar de diferentes niveles de proceso de acuerdo al tamaño de la organización:

- Alta dirección
- Dirección Intermedia
- Mando Intermedio

### **Alta dirección**

Proceso de “Elaboración, comunicación, implantación, seguimiento y revisión de la estrategia”

Proceso de “Determinación, difusión, seguimiento y revisión de objetivos”

Proceso de “Revisión del Sistema de Gestión por la Dirección”

Proceso global de “Entrega de productos o servicios” o “Proceso del Negocio”

Proceso de “Comunicación Interna”

### **Dirección Intermedia**

Ejecución de los procesos en cascada (Objetivos y Comunicación)

Proceso “Gestión y comunicación con el cliente”

Proceso de “Producción-Realización del producto o servicio”

Proceso de “Gestión Económica”

Proceso de “Gestión e integración de personal”

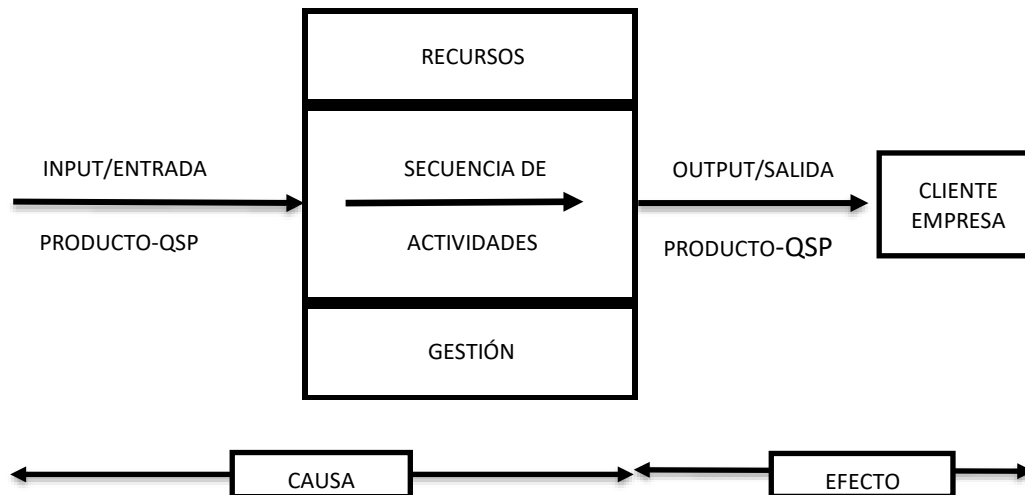
### **Mando intermedio**

Proceso de contacto con el cliente

Proceso de corte y soldadura

Proceso de Mantenimiento

Proceso de Facturación y Cobros



*Figura 1. Que es un proceso.*

Fuente: Pérez (2004).

#### **1.2.1.1 Límites, elementos y factores de un proceso**

Pérez (2004) manifiesta que en primer lugar los procesos deben:

- Determinar sus límites para, en función de su nivel asignar responsabilidades.
- Identificar sus elementos y factores para determinar sus interacciones y hacer posible su gestión.

##### **a. Límites de un proceso**

Consiste en adoptar un determinado criterio en mantenerlo a lo largo del tiempo (Pérez, 2004). Parece lógico que:

- Los límites del proceso determinen una unidad adecuada para gestionarlo en sus diferentes niveles de responsabilidad
- Estén fuera del “departamento” para poder interactuar con el resto de procesos.

##### **b. Elementos de un proceso**

Todo proceso se caracteriza por estar formado por 5 elementos:

- ✓ **Finalidad:** Todo proceso es un conjunto de tareas necesarias para la obtención de un resultado. Cada proceso está determinado por un primer y último paso, que comienza por una necesidad concreta de un cliente (que, de nuevo, puede ser interno o externo) y que termina cuando la necesidad ha sido satisfecha (Tejena, 2014).
- ✓ **Requerimientos del cliente:** Se refiere a lo que el cliente espera obtener al terminar la actividad. Los requerimientos de salida de un proceso condicionan el siguiente proceso. Estos requerimientos deben ser expresados de una manera objetiva (Tejena, 2014).
- ✓ **Entradas** (Un input): Se refiere a los criterios de aceptación definidos para un proceso. Las entradas pueden contener información derivada de un proveedor interno. Las entradas pueden ser elementos físicos como humanos o técnicos. Sin estos elementos el proceso no podría llevarse a cabo (Tejena, 2014).
- ✓ **Salidas:** o también llamado output. Las salidas pueden ser productos materiales, información, recursos humanos, servicios, etc. Para establecer la interrelación entre procesos se deben identificar los procesos posteriores (clientes internos y externos) (Tejena, 2014).
- ✓ **Recursos:** Son los medios y/o requisitos necesarios para el desarrollo de un proceso de forma óptima y en primer orden (Tejena, 2014).

### c. Factores de un proceso

- **Personas:** responsables con habilidades, actitudes y conocimientos adecuados.
- **Materiales:** Son las materias primas con las características adecuadas para su uso.
- **Recursos físicos:** instalaciones, maquinaria, hardware, software, etc., que siempre deben estar en adecuadas condiciones de uso.
- **Métodos/Planificación del proceso:** Es la descripción de la forma de utilizar los recursos (hoja de proceso, instrucciones de trabajo, técnica, etc.) quién hace qué, cuándo y ocasionalmente el cómo.

### 1.2.1.2 Clasificación de los procesos

Los procesos se pueden clasificar en: operativos, de apoyo y estratégicos, tal como se muestra en la figura 2.



Figura 2. Tipos de procesos.

Fuente: Presidencia de Consejo de Ministros (2015)

#### ✓ **Procesos operativos**

Estos procesos consisten en combinar y transformar los recursos para obtener un producto o servicio de tal forma que cumpla con los requisitos del cliente. Estos procesos son los responsables de conseguir los objetivos de la empresa (Tejena, 2014).

#### ✓ **Procesos de apoyo**

Estos procesos consisten en proporcionar a las personas los recursos físicos necesarios para el resto de procesos y conforme a los requisitos de sus clientes. Por ejemplo, el proceso de gestión de recursos humanos, el proceso de aprovisionamiento en bienes de inversión, maquinaria, equipos de cómputo y el proceso de mantenimiento de la infraestructura. También, incluye el proceso de gestión de proveedores, y la elaboración y revisión del sistema de gestión de la calidad (Tejena, 2014).

### ✓ **Procesos estratégicos**

Se articulan de tal forma, que los procesos estratégicos definen la orientación hacia donde deben operar los procesos operativos, de acuerdo a la cadena de valor de la organización, y que necesitan a los procesos de apoyo o soporte para cumplir con sus objetivos. (Presidencia de Consejo de Ministros, 2015)

#### **1.2.1.3 Beneficios del uso del enfoque de procesos**

Para Torres (2014) los beneficios del uso del enfoque se muestran en la tabla 1:

Tabla 1.

*Beneficios del uso del enfoque de procesos*

ID	Beneficios del uso del enfoque de procesos
1	Permite medir la actuación de la organización, reducir los costos internos innecesarios (actividades sin valor agregado) y acortar los plazos de entrega (reducir tiempos del ciclo) para mejorar la calidad de los productos/servicios.
2	Revela los procesos relacionados con los factores críticos para el éxito y los que son redundantes e improductivos.
3	Define el grado de satisfacción del cliente interno o externo y lo compara con la evaluación del desempeño personal.
4	Identifica las necesidades de los usuarios o clientes externos y orienta a la organización para compatibilizar la mejora de la satisfacción del cliente con mejores resultados organizacionales.
5	Permite entender las diferencias de alcance entre la mejora orientada a los procesos (qué y para quién se hacen las cosas) y aquella dirigida a los departamentos o a las funciones (cómo se hace).
6	Revela aquello que es positivo del trabajo en equipo contra el trabajo individual y la eficacia de los procesos con una óptica integradora en lugar de parcial.
7	Anula las divisiones de las funciones por departamentos o unidades organizativas.
8	Analiza y resuelve las limitaciones de la organización funcional vertical.
9	Apunta a la organización en torno a resultados y no a tareas.
10	Asigna responsabilidades a cada proceso.
11	Establece en cada proceso indicadores de funcionamiento y objetivos de mejora.
12	Mantiene los procesos bajo control, mejora continuamente su funcionamiento global y reduce su inestabilidad a causa de cambios imprevistos.

Fuente: Torres (2014)



### 1.2.2 Productividad

Según la Organización Internacional del trabajo (2016) la productividad es el uso eficaz de la innovación y el uso de los recursos para incrementar el agregado añadido de productos y servicios. Mientras que la productividad de la empresa indica el grado de utilidad de los recursos (insumos de entrada), al incrementar la productividad mejora el rendimiento de la empresa y por ende las ganancias (Organización Internacional del trabajo, 2016). A continuación, se revisa las distintas definiciones de productividad:

Los autores Céspedes, Lavado, y Ramírez (2016) definen la productividad como la medida de la eficiencia en el uso de los factores, factores que están inmersos en el proceso productivo. La productividad es una variable que es directamente observable, la manera de identificarla depende del enfoque utilizado y los supuestos sobre el número de factores.

El autor López (2013) indica que la productividad es la medida de la capacidad, es una especie de potencia integral de personal y equipos el cual tiene un costo por tiempo de operación para crear riqueza y beneficios. Se puede interpretar como un nivel de actuación, individual, empresarial, institucional y a nivel global, la actuación de un país. La productividad es la base para la competitividad entre individuos, sociedades y naciones.

La productividad desde la perspectiva general de la humanidad es el dominio de la sabiduría no privativa de nadie en particular al adquirirla se incurrió en un costo, por ejemplo, el costo de aplicación del conocimiento (prueba ensayo y error). La productividad necesita que se manifieste primero la eficiencia al usar recursos básicos sin desperdiciar, como son el tiempo, el espacio y la materia-energía; con la finalidad de no mermarlos; para efectuar las actividades lo más rápido posible; y lograr ahorro actuando con rapidez; recurriendo a la aplicación de la ciencia en técnicas con creatividad; es la síntesis de dos finalidades inseparables;

ahorro de recursos y velocidad de proceso, para producir o crear (López, 2013).

La productividad, de acuerdo a Tolentino (como se citó por Marvel, Rodríguez, y Núñez, 2011) es el resultado de la armonía y la articulación entre la tecnología, los recursos humanos, la organización y los sistemas siempre que se alcance una combinación óptima o equilibrada de los recursos o eficiencia.

La productividad tiene dos indicadores claves: la productividad laboral y la Productividad Total de Factores. Siguiendo el enfoque tradicional de Solow (como se citó por Céspedes., *et al*, 2016), la Productividad Total de Factores (PTF) es el residuo obtenido luego de descontar del crecimiento económico la contribución ponderada de los otros factores de producción, es decir, capital, trabajo, insumos intermedios y otros. El método de Hsieh (como se citó por Céspedes., *et al*. 2016) también es utilizado para estimar la PTF, este enfoque es dual, no depende de la forma funcional de la función de producción y utiliza información del crecimiento de los precios de los factores de producción.

Mientras que si en una economía se produce el único factor- trabajo- la productividad puede entenderse como la cantidad de producto producido por unidad de trabajo, denominado comúnmente como “productividad laboral” (Céspedes, *et al* 2016).

### **Factores de la productividad**

Los factores de la productividad se pueden dividir en factores internos y externos (Organización Internacional del Trabajo, 2016):

- Los factores internos de la productividad: Son aquellos sobre los cuales la empresa ejerce control. Estos pueden incluir problemas con la mercadería, la calidad del producto, el precio, los equipos, las materias primas, el uso de la energía, las competencias y la motivación de los trabajadores, el almacenamiento, la organización, etc.

- Los factores externos de la productividad: Son aquellos que están fuera del control de la empresa. Incluyen el acceso a la infraestructura, el clima, la situación del mercado, los impuestos, etc. No se puede hacer nada contra estos factores, siempre y cuando el negocio siga funcionando en su configuración actual. Si éstos tienen un grave efecto negativo, el gerente de la empresa puede considerar reubicarse o cambiar la naturaleza del negocio.

A nivel general, la productividad en una empresa se encuentra determinado por una serie de factores que incluyen los suministros disponibles de mano de obra, tierra, materias primas, instalaciones de capital y ayudas mecánicas de diversa índole. También se incluyen la educación y las habilidades de la fuerza de trabajo; el nivel de tecnología; métodos de organizar la producción; la energía y la empresa de gerentes y trabajadores; y una gama de factores sociales, psicológicos y culturales que subyacen y condicionan las actitudes y el comportamiento económico (Frankel y Kendrick, 2018).

Los factores relacionados a la productividad son:

- α. Actitud positiva y participación de la gerencia: En una organización, el producto eficiente ha sido producido por la habilidad de gestión. La relación entre la inteligencia emocional y las actitudes, el comportamiento y los resultados del trabajo. Se ha demostrado que la gestión participativa afecta positivamente la satisfacción laboral de los empleados. La gerencia puede establecer reuniones regulares de grupos focales con empleados y supervisores de diferentes unidades de trabajo para debatir cuestiones de planificación estratégica relacionadas con los cambios en el sistema operacional, la relación entre las unidades de trabajo y la efectividad de la organización (Kumar, Duhan, y Haleem, 2016).
- β. Empleado proactivo: La lealtad del empleado debe ganarse a través de una cultura de respeto e integridad y aprendizaje y desarrollo. Las políticas y prácticas establecidas que promueven

una cultura en el lugar de trabajo estimulan la participación de los empleados. (Leblebici, 2012) Escuchar atentamente lo que los empleados requieren y necesitan, y, además brindar oportunidades y desafíos para aprovechar los talentos respectivos de los empleados son factores importantes (Kompaso y Sridevi, 2010).

- χ. Buena condición de trabajo: Se ha estudiado que las mujeres desean trabajar en buenas condiciones de trabajo. Sin embargo, las mujeres que trabajan en diversos sectores a veces se han visto comprometidas con las condiciones laborales. Se ha enfatizado que "la persona promedio puede pensar el doble de ideas cuando trabaja con un grupo que cuando trabaja solo" (Sheikh, Abdi Ali, y Ali Adan, 2013).
- δ. Herramientas y equipos para aumentar la productividad: La calidad de las materias primas y los equipos afectan el rendimiento de un proyecto, es clave laborar mediante procesos su adquisición y su utilización pues permite laborar de forma racional y organizada disminuyendo los costos de la operación. (MAPAL, 2017)
- ε. Disponibilidad de insumos: En la mayoría de países, la principal preocupación de muchos científicos, investigadores y agricultores es el sistema de agricultura de bajos insumos, auto sostenible, eficiente en energía y diversificado. Hay muchas empresas que pueden acceder a insumos estacionarios. La eficiencia y la calidad deben mejorarse para aumentar la productividad y los requisitos de la empresa para que los proveedores locales puedan satisfacer mejor los insumos. Usando insumos mejorados, nuevos y menos costosos, una empresa se vuelve más productiva. En un entorno más denso, más grande y urbano, una planta es más productiva con el mismo insumo (Puga, 2010).

Para Gutiérrez (2010) define la productividad como los resultados que son obtenidos en un proceso, "por lo que incrementar la productividad es

lograr mejores resultados considerando los recursos empleados para generarlos”

En general la productividad se mide de la siguiente manera:

$$Productividad = \frac{Resultados\ logrados}{recursos\ empleados}$$

Para Gutiérrez (2010) la productividad se entiende a través de dos componentes: eficiencia y eficacia.

“La eficiencia es la relación entre el resultado alcanzado y los recursos utilizados, mientras que la eficacia es el grado en que se realizan las actividades planeadas y se alcanzan los resultados planeados”. Es decir, buscar eficiencia es poder mejorar los recursos al igual que no haya desperdicio de recursos a diferencia de la eficacia donde implica utilizar los recursos para lograr los objetivos planteados.

Según Sánchez (2014) la eficiencia y eficacia se pueden definir como se muestra a continuación:

“Eficiencia (del latín *efficiencia*) significa acción, fuerza y virtud de producir. Enfatiza en los medios, hacer las cosas correctamente, resolver problemas para lograr ahorrar gastos, cumplir tareas y obligaciones, capacitar a los empleados. En la eficiencia se aplica un enfoque reactivo...El planteamiento esencial de la eficiencia es la relación entre insumos (gastos) y resultados (ingresos), su expresión es la reducción de los costos. Hay que producir con los costos más bajos posibles, o, dicho de otra forma, obtener los mayores resultados con los mismos recursos. La eficiencia actúa en el ámbito interno de la empresa, ahí es donde se puede trabajar para reducir gastos. La pregunta básica de la eficiencia es ¿Cómo hacer mejor las cosas? (p. 73-74)

“Eficacia o efectividad (del latín *efficax*) que tiene el poder de producir el efecto deseado en el menor tiempo. Hace énfasis en los resultados, en hacer las cosas correctas, lograr objetivos, crear más valores principalmente para el cliente. Se aplica aquí un enfoque proactivo, en

lugar de reaccionar, anticiparse a los acontecimientos...La eficacia considera el nivel de contribución al cumplimiento de los objetivos estratégicos de la empresa, sólo puede rendir resultados dentro del marco de su definición. La pregunta básica de la eficacia es ¿Qué es lo que se debería estar haciendo?”. (p. 73-74)

Según Fernández, González y Puente (1996) manifiestan que el concepto de productividad se puede definir como:

“La proporción entre la cantidad producida de un determinado bien o servicio y los recursos (capital y trabajo) que fueron utilizados en su proceso de producción. La consecución de mayores cotas en la productividad conseguida por parte de los recursos de una empresa en el ejercicio de su actividad es un objetivo a perseguir por sus gestores, ya que redundará sin duda en los resultados de la compañía y contribuirá a garantizar su supervivencia en los ejercicios futuros” (p. 68)

Por su parte García (2011) define a la productividad como “el grado de rendimiento con que se emplean los recursos disponibles para alcanzar objetivos predeterminados”, por lo que la productividad puede ser medida por dos maneras, tal como se muestra a continuación:

$$1^{\circ} = \frac{\text{Producción}}{\text{Insumos}} \qquad 2^{\circ} = \frac{\text{Recursos Logrados}}{\text{Recursos empleados}}$$

Según García (2011) define a la eficiencia como “la capacidad disponible en horas-hombre y horas-máquinas para lograr la productividad y se obtiene según los turnos que trabajaron en el tiempo correspondiente” (p.21). En cambio, la eficacia “implica la obtención de los resultados deseados y puede ser reflejo de cantidades, calidad percibida o ambos”

Sobre la productividad, Carro y González (2012) mencionan lo siguiente:

“La productividad implica la mejora del proceso productivo. La mejora significa una comparación favorable entre la cantidad de recursos utilizados y la cantidad de bienes y servicios producidos. Por ende, la productividad es un índice que relaciona lo producido por un sistema (salidas o producto) y los recursos utilizados para generarlo (entradas o insumos)”. (p.1) Es decir:

$$Productividad = \frac{Salidas}{Entradas}$$

Desde el aspecto económico y práctico se deben considerar algunos cambios que están dándose en las industrias y negocios. Estos cambios abarcan el área de manufactura y el mercado globalizado, el incremento de los servicios, la digitalización de las operaciones de las empresas y el uso de internet que crece exponencialmente. De esta manera, las empresas solamente pueden aumentar sus ganancias a través del incremento de su productividad. Dicho incremento se alcanza mediante el aumento de la cantidad de producción por cada hora de trabajo. Las herramientas principales que originan mejora en la productividad engloban métodos, estudio de tiempos estándares (también llamado medición del trabajo) y el diseño del trabajo. (Niebel, 2009)

Las diferentes áreas de una industria o negocio permiten la aplicación de métodos, estándares y diseño del trabajo. Usualmente se considera únicamente la producción, mientras que las otras áreas de la empresa también pueden beneficiarse al aplicarles las herramientas para incrementar la productividad. En ventas, por ejemplo, los métodos modernos para recuperar información por lo general traen como consecuencia información de mayor confiabilidad y más ventas con un menor costo. (Niebel, 2009)

El área de producción de una industria es clave para su éxito. En dicha área se solicitan y controlan los materiales; la secuencia de las operaciones, de las inspecciones y de los métodos se encuentra establecida; las herramientas son solicitadas; los tiempos son asignados; el trabajo se programa, se asigna y tiene un seguimiento. Además, la satisfacción del cliente se sostiene con productos de calidad entregados a tiempo. (Niebel, 2009)

De la misma forma, los métodos, estándares y la actividad del diseño del trabajo son una parte fundamental del grupo de producción. En esta área es donde se determina si un producto va a fabricarse de una manera competitiva a través de estaciones de trabajo, herramental y relaciones

trabajador-máquina eficiente. Aquí es donde se debe ser creativo para la mejora de los métodos y productos existentes, y para lograr que se mantengan relaciones laborales positivas mediante el uso de estándares laborales adecuados y justos. (Niebel, 2009)

### 1.2.3 Herramientas de Lean Manufacturing

#### a. Manufactura celular

Las células de manufactura son, conceptualmente, una minifábrica dentro de la fábrica, responsable en su totalidad sobre el proceso y el producto, que regula sus costos de operación y sus plazos de entrega, administra su estructura y determina qué necesita en cuanto a recursos, tanto técnicos como humanos. Posee la dinámica de una pequeña estructura muy liviana y por lo general procesa una familia de productos con características similares. Esto permite estandarizar los procesos y equipos. También cuentan con la capacidad de manejar inventarios discretos de productos en proceso debido a que por su velocidad pueden producir un poco de todo durante todos los días, y con ello no producen grandes series. Además, en la misma unidad los problemas de calidad son resueltos por los mismos operarios, quienes determinan las mejores alternativas de solución con base en experiencias y conocimientos. (Guerrero, 2016).

Deben aplicarse métodos de clasificación, codificación y agrupación basados en la tecnología de grupos para la generación de familias, con lo que se reorganizaría el sistema de producción en familias de piezas/partes similares, producidas dentro de los límites físicos de las células, donde se encuentran la mayoría o la totalidad de los recursos necesarios para su manufactura. Con todo ello, se logra una disposición enfocada al producto al proceso, facilitando el flujo rápido y el procesamiento eficiente de material e información. (Guerrero, 2016).



Las células de manufactura se clasifican acorde al número de máquinas, al grado de mecanización y el nivel de automatización, como se muestra en la figura 3:

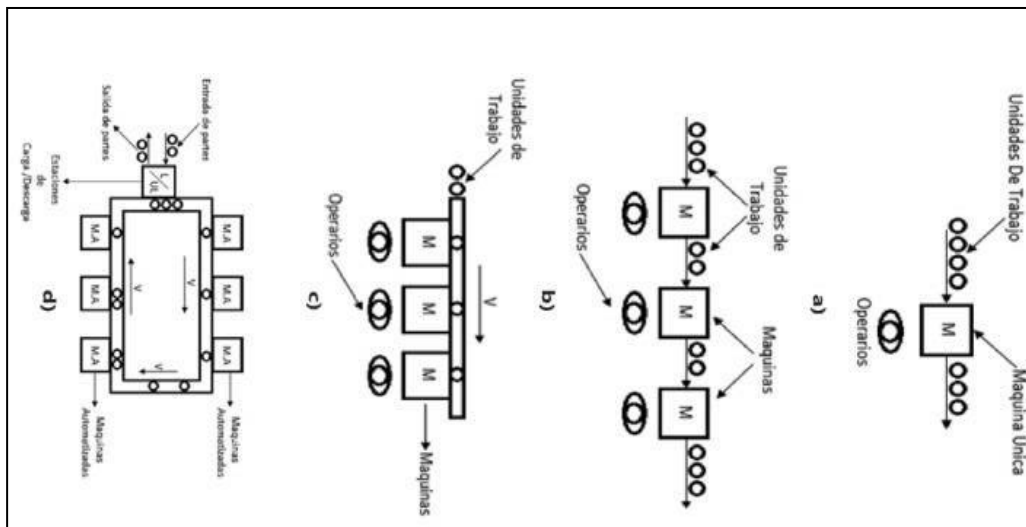


Figura 3. Clasificación de las células de manufactura. a) Célula de máquina simple. b) Célula de grupo de máquinas con manejo manual. c) Célula Flexible de Manufactura. d) Sistema Flexible de Manufactura.

Fuente: Investigación, Tecnología y Ciencia

## b. Takt Time

El término Takt time viene de la palabra alemana Taktzeit, que se traduce ligeramente en “tiempo rítmico” o “mantener el ritmo” similar al tictac de un metrónomo o el movimiento del bastón de mando de un conductor. Takt time es un concepto clave en lean manufacturing. Es el latido del corazón de la organización esbelta- igualando la actual producción a la demanda del cliente. No es un objetivo a ser superado, más bien es un objetivo para lograr:

- ✓ Producir más rápido que los resultados de Takt time en sobreproducción – la forma más fundamental de pérdida.
- ✓ Producir más despacio que los resultados de Takt time en los cuellos de botella - y las órdenes del trabajo que no puedan cumplirse a tiempo.

Según Rajadell y Sánchez (2010) el Takt time consiste en el tiempo de trabajo disponible dividido por la demanda de los clientes para ese intervalo de tiempo de trabajo. Asimismo, Takt como tal consiste en la velocidad a la que un cliente podría recoger un producto, si es que a su vez utilizó un producto durante el día, mientras que la produjo. Los residuos clave que el Takt se esfuerza por evitar es la pérdida de la sobreproducción, el más grande de todos los residuos.

Se considera la cantidad demandada por el cliente para obtener el ritmo de producción óptimo.

$$\textbf{Takt Time} = \frac{\textit{Tiempo de produccion disponible}}{\textit{Cantidad total requerida}}$$

Hay dos formas relacionadas aún de usar Takt time. Los dos son válidos y útiles. Ellos simplemente ven la demanda del cliente desde diferentes perspectivas:

- Perspectiva de planeamiento: Usar Takt time para establecer objetivos para las actividades kaizen que se enfocan en hacer mejoras a tu proceso de producción.
- Perspectiva de manufactura: Usar Takt time para manejar un objetivo de tiempo real para la producción.

Los principales beneficios del Takt time son los siguientes:

- Un ritmo estable de producción nivelada
- No hay exceso de producción
- Un flujo de componentes estable y nivelado
- Número correcto de operarios en cada proceso
- Mayor capacidad para planificar otras actividades en la producción
- Reducción del número de transportes adicionales
- Control del stock de producto en curso

#### c. SMED (Método de cambios rápidos)

De acuerdo a Rajadell y Sánchez (2010), la competitividad del mercado actual obliga a disponer de sistemas flexibles que permitan una

adaptación a los cambios constantes, y por lo tanto cada vez tienen más importancia las pequeñas series, que además contribuyen a reducir los niveles de stocks tanto en producto acabado, como en material en curso. Los mercados han evolucionado para exigir a las empresas productoras más variedad de producto, pedidos de menor tamaño, plazos de entrega reducidos y costes de producción altamente competitivos. (Espin, 2013). Es debido a ello que se debe resaltar la importancia de la herramienta SMED en este contexto del mercado actual.

*"El SMED hace posible responder rápidamente a las fluctuaciones de la demanda y crea las condiciones necesarias para las reducciones de los plazos de fabricación. Ha llegado el tiempo de despedirse de los mitos añejos de la producción anticipada y en grandes lotes. La producción flexible solamente es accesible a través del SMED",* indica Shigeo Shingo. (Espin, 2013).

SMED, según Shigeo, tiene sus orígenes en ciertos trabajos que le fueron encargados, en 1950, en la fábrica Toyo Kogyo de Mazda. Sin embargo, se desarrolló completamente alrededor de los años setenta del siglo pasado cuando realizaba trabajos para Toyota y ésta adoptó, promovida por los propios operarios, el sistema SMED como uno de los pilares básicos de su modo de fabricación. (Rajadell y Sánchez, 2010).

Esta técnica establece una serie de pasos, que consisten en estudiar concienzudamente las operaciones durante el proceso de cambio de lote logrando una reducción radical del tiempo de preparación. La aplicación de SMED finalmente permite obtener una planta flexible que es capaz de satisfacer la demanda de los clientes actuales. (Espin, 2013).

Por otro lado, se puede afirmar que SMED es un método para analizar los procesos de manufacturas en la empresa, para reducir los materiales, recursos especializados y tiempo requerido de ajuste de equipo, incluyendo cambio de herramientas. El presente método le ayuda a su equipo de producción a reducir tiempos muertos por la mejora de los procesos de ajuste de productos nuevos y productos modificados, así

también a mejorar actividades asociadas de mantenimiento. (Reyes, 2007).

Según Rajadell y Sánchez (2010), originalmente “single minute exchange of die” significa que el número de minutos de tiempo de preparación tiene una sola cifra, o sea, es inferior a 10 minutos. En la actualidad, en muchos casos, el tiempo de preparación se ha reducido a menos de un minuto. La necesidad de llegar a un tiempo tan corto proviene de que, reduciendo los tiempos de preparación se podría minimizar el tamaño de los lotes y por consiguiente reducir los stocks para trabajar en series muy cortas de productos. Por ejemplo, en las plantas de producción de automóviles cada vez más la fabricación de un coche corresponde al pedido que un cliente ha efectuado en algún lugar del mundo. Así, un automóvil puede ser de color granate, equipado con faros antiniebla y llantas de aleación, mientras que la unidad siguiente puede ser de color verde, sin faros antiniebla y con tapacubos en las ruedas. Adicionalmente, cabe resaltar que las técnicas SMED requieren un cambio de actitud, un método de mejora continua, de forma que cualquier empresa que las adopte debe realizar esfuerzos para conseguir tiempos de preparación cada vez más cortos.

La minimización de las existencias, la producción orientada a los pedidos de encargo, y una rápida adaptabilidad a las variaciones de la demanda, son las ventajas más importantes de un tiempo de preparación inferior a 10 minutos. Para conseguir esto es necesario aplicar sistemas de cambio de serie rápidos y el SMED se constituye en una herramienta muy útil. En las empresas japonesas, la reducción de tiempo de preparación no la promueve el personal de organización científica del trabajo, sino los propios operarios, reunidos en pequeños grupos de trabajo. (Rajadell y Sánchez, 2010).

La aplicación de esta técnica exige la consideración de tres ideas fundamentales:







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

#### 1.2.4 Herramientas de Ingeniería

Existen diferentes formas de analizar un proceso por representación gráfica, donde se busca representar de forma visual. Para ello, la tabla 2 diagrama de procesos clasifica en seis tipos llamados: operaciones, transporte, inspección, espera, almacenamiento y operación-inspección.

Tabla 2

##### *Símbolos de los Diagramas de Proceso*

	<b>Operación:</b> Representa toda acción de modificación de las características físicas o químicas de un material (transporte, inspección o almacenamiento).
	<b>Transporte:</b> Representa el desplazamiento físico de material, donde no se incluyen los movimientos que hacen parte de una operación.
	<b>Inspección:</b> Verificación del material, también puede ser la revisión de las características de calidad del mismo.
	<b>Espera:</b> Esta ocurre cuando a excepción de que se esté realizando alguna operación sobre el material se requiere una detención transitoria del proceso a espera de un acontecimiento determinado.
	<b>Almacenamiento:</b> Este ocurre, cuando un objeto es mantenido en espera para efectos de conservación o reposo de acuerdo a lo definido en el proceso.
	<b>Operación-Inspección:</b> Ocurre cuando se ejecutan dos actividades simultáneamente, representa la combinación de las actividades de operación e inspección.

Fuente: Gutarra, F. (2015).

##### a. Diagrama de operaciones de procesos (DOP)

Para Gutarra (2015) representa gráficamente las secuencias de operaciones, así como de las inspecciones realizadas y de las entradas al proceso, tal como se muestra en la figura 4. Este diagrama permite tener una visión simple y rápida del proceso. Además, representa el proceso ideal, el cual es usado normalmente en operaciones secuenciales.

Adicionalmente, se puede afirmar que el diagrama de operaciones de procesos muestra en orden cronológico todas las operaciones e

inspecciones realizadas en un proceso, así como las aportaciones de materias primas y subensambles hechos al producto principal.

Se emplea cuando se estudia:

- El propósito de la operación
- El diseño de la parte o pieza
- Las tolerancias o especificaciones
- Los materiales
- El proceso de fabricación
- La preparación y las herramientas
- Las condiciones de trabajo
- La distribución de las instalaciones

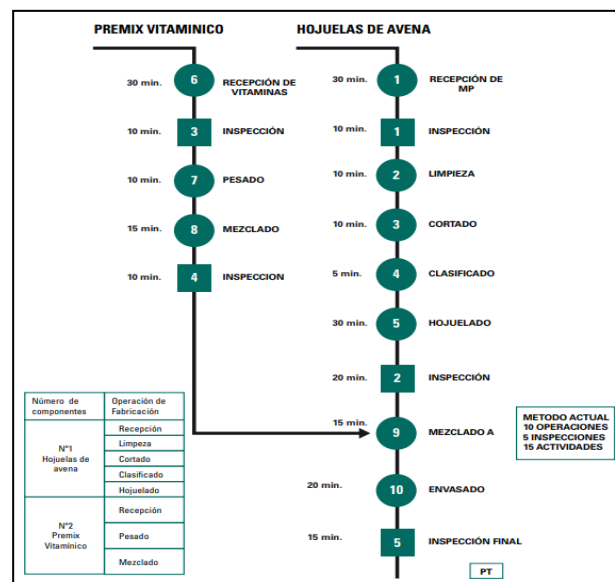


Figura 4. Ejemplo de DOP de avena en hojuelas

Fuente: Gutarra, F. (2015).

#### b. Diagrama de análisis de procesos (DAP)

Gutarra (2015) indica que representa gráficamente todas las operaciones, inspecciones, transportes y almacenamientos que ocurren durante el proceso. Además, incluyen información relevante para el análisis del proceso como tiempos y distancias recorridas, lo cual permite una representación real del proceso.

Adicionalmente, se puede indicar que el diagrama de análisis de procesos es un diagrama que muestra la trayectoria de un producto o de un

procedimiento, que señala todos los hechos evaluados mediante el símbolo correspondiente. El DAP puede ser efectuado tanto al material, al operario y a la maquinaria. Las actividades que se representan en el DAP son la operación, inspección, transporte, demora, almacenamiento y combinada (operación-inspección). (Gutarra, 2015).

Según Gutarra (2015), el DAP tiene las siguientes partes:

- Encabezado: En esta sección se colocan los principales datos de la operación en estudio. Es decir, el resumen con la información principal forma parte del encabezado.
- Cuerpo o desarrollo: Como primer paso se enumeran todas las actividades y luego se colocan unas “x” en el lugar correspondiente de la actividad. Al final las X se unen con líneas rectas, obteniendo el cursograma.

Se cuenta con un formato convencional para la elaboración del DAP. Además, los lugares asignados para tiempos, distancias y cantidades en el formato sólo deben ser llenados en los casos que sean aplicables. (Gutarra, 2015).

El DAP generalmente no se aplica al ensamble completo. En principio, se usa para cada componente de un ensamble o de un sistema para obtener el máximo ahorro en la manufactura o en procedimientos aplicables a una componente o secuencia de trabajo específicos. (Gutarra, 2015).

El DAP tiene como principal aporte registrar los costos ocultos no productivos tales como distancias recorridas, retrasos y almacenamientos temporales. Cuando se detectan estos periodos no productivos, se pueden tomar medidas para minimizarlos y, por ende, reducir sus costos. (Gutarra, 2015).

El DAP, al igual que el DOP, no es un fin, es solo un medio para lograr un fin. Dicha técnica facilita la eliminación o reducción de costos ocultos de un componente, debido a que muestra con claridad los transportes, demoras y almacenamientos. Además, la información que brinda puede

conducir a la reducción de estos elementos tanto en cantidad como en duración. (Gutarra, 2015).

Finalmente, el diagrama tiene utilidad para lograr el mejoramiento de la distribución de planta al permitir registrar las distancias. También busca identificar y mejorar las actividades que no agregan valor al producto, tal como se muestra en la figura 5.

Diagrama N°:1 Hoja N°:1				RESUMEN			
Objeto:  <b>DIAGRAMA DE ACTIVIDADES</b>				Actividad	Actual	Prop	Econ
				Operación	7		
				Transporte			
Actividad:  <b>Preparación</b>				Espera			
				Inspección	3		
				Almacena	1		
Método: Actual/Propuesto							
Lugar:							
Operario:							
Compuesto por:		Fecha:					
Aprobado por:		Fecha:		Total			
DESCRIPCIÓN	d	T(min)	○ → □ ▽	Observación			
Actividad 1		0					Ingredientes
Actividad 2		1					
Actividad 3		2					
Actividad 4		1					Inspección
Actividad 5		1					
Actividad 6		3					
Actividad 7		2					
Actividad 8		1					Inspección
Actividad 9		2					
Actividad 10		1					
Actividad 11		0					Producto final
TOTAL		14	7		3	1	

Figura 5. Ejemplo diagrama de análisis de procesos (DAP)

Fuente: Gutarra, F. (2015).



### c. Diagrama SIPOC

SIPOC (Proveedores, Entradas, Procesos, Salidas, Clientes o usuarios) es un mapa de proceso que se representan los procesos principales del negocio y se identifican las posibles medidas.

Formento (2012) indica que el diagrama SIPOC es un modelo que sirve para identificar y aclarar lo que se necesita para crear el producto o servicio. Permite vincular los requerimientos del cliente con los resultados del proceso, y con los requisitos solicitados al proveedor, detectando así inconsistencias internas.

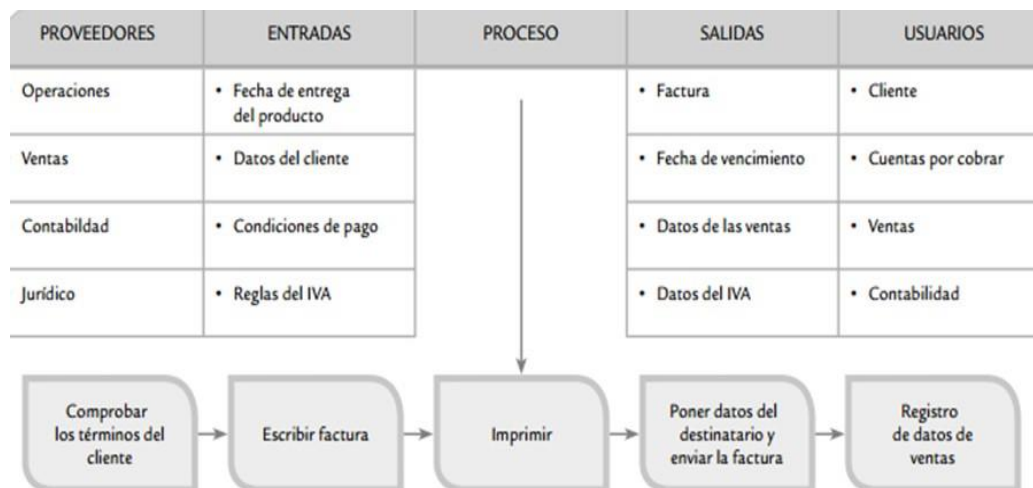
Como se mencionó inicialmente, los elementos con los que cuenta el SIPOC son:

- **Proveedores:** Entidades que proveen entradas al proceso tales como materiales, información, y recursos. Use las entradas del proceso para identificar los proveedores.
- **Insumos:** Todos los materiales, información y soporte (tangible o intangible) necesarios para apoyar el proceso. Una buena manera de decidir si vale la pena agregar una entrada al proceso o no, es preguntarse “¿es esta entrada medible?” y “¿qué pasa si esta entrada es omitida?”.
- **Proceso:** Estas son las actividades o acciones necesarias para convertir las entradas en salidas. Una manera de revisar si algo es un proceso es ver si puede ser descrito como una acción. Algunos **ejemplos** son: Medir, fluir, mezclar, cortar y probar, etc.
- **Resultados:** Las salidas tangibles de un proceso. Cada salida del proceso debe tener una medida o ser medible.
- **Clientes:** Las personas o entidades para quien la salida es creada, ya sean parte de la empresa o externos a la empresa. Una alternativa de la columna cliente es incorporar allí a los requisitos críticos para el cliente.

Para usar el modelo SIPOC es más fácil reordenar los pasos del mismo. Primero, identifique la salida o el resultado esperado del proceso. La

mayoría de las personas encuentran más fácil comenzar identificando la salida, o el producto o servicio final que el proceso provee. La salida y el punto final identificado de los límites del proceso deben ser iguales. (Formento, 2012).

En la figura 6 se muestra el ejemplo de un diagrama SIPOC:



*Figura 6. Diagrama SIPOC*

Fuente. Gutiérrez H., Vara R. (2009).

En la figura 6 se muestra un ejemplo de diagrama de proceso. Según Formento (2012), los pasos a seguir son los siguientes:

1. Delimitar el proceso y hacer su diagrama de flujo general donde se especifiquen los cuatro o cinco etapas principales
2. Identificar las salidas del proceso, las cuales son los resultados (bienes y servicios) que genera el proceso.
3. Establecer las entradas (materiales, información, etc.) que son necesarias para que el proceso funcione de manera adecuada.
4. Identificar proveedores, es decir quienes proporcionan las entradas

#### 1.2.5 Marco legal

Se cuenta con normas internacionales y nacionales para el manejo e implementación de los transformadores:

**IEC 60076-1**, su alcance es de aplicación a los transformadores de potencia trifásicos y monofásicos (incluyendo autotransformadores) con la excepción de ciertas categorías de transformadores pequeños y especiales tales como: transformadores monofásicos con una potencia nominal inferior a 1 kVA y trifásicos transformadores de menos de 5 kVA, transformadores de medida, transformadores para convertidores estáticos, transformadores de tracción montados en el material rodante, transformadores de prueba y transformadores de soldadura.

Cuando las normas IEC no existen para tales categorías de transformadores, esta parte de la norma IEC 60076 puede aún ser aplicable, ya sea en su totalidad o en parte. IEC 60076 – 1, define al transformador como una pieza estática del aparato con dos o más devanados que, por inducción electromagnética, transforma un sistema de tensión de corriente alterna, en otro sistema de tensión y la corriente por lo general de diferentes valores y en la misma frecuencia con el fin de transmitir potencia eléctrica.

Además, desarrolla otros conceptos como por ejemplo: autotransformador (un transformador en el que al menos dos devanados tienen una parte común), transformador elevador (un transformador de los cuales uno está destinado bobinado para ser conectado en serie con un circuito con el fin de alterar su tensión y/o cambiar su fase), tipo de transformador en baño de aceite (un transformador de la que el circuito magnético y arrollamientos están sumergidos en aceite con el propósito de esta parte cualquier líquido aislante, aceite mineral u otro producto, es considerado como aceite), transformador de tipo seco (un transformador de que el circuito magnético y los devanados no están sumergidos en un líquido aislante), sistema de conservación de aceite (el sistema en un transformador en baño de aceite por el cual se acomoda la expansión térmica del aceite) y otros.

En relación a lo expuesto, es de indicar que IEC (International Electrotechnical Commission), es una organización de normalización en los campos: eléctrico, electrónico y tecnologías relacionadas. La Comisión

Electrotécnica Internacional -en adelante IEC- es una organización mundial de la normalización que comprende todos los comités electrotécnicos nacionales, cuyo objetivo es promover la cooperación internacional en todas las cuestiones relativas a la normalización en los campos eléctricos y electrónicos.

Al respecto, la IEC ha indicado que:

Las Normas Internacionales son reglas técnicas que facilitan la comercialización de productos entre muchos países. La industria y otras actividades elaboran y usan Normas Internacionales para estar de acuerdo con soluciones comunes para problemas mutuos. Esto los ayuda a nivelar el campo de juego y limitar ventajas injustas (IEC, 2016, p.10)

Además, precisan que:

Las Normas Internacionales de IEC son mundialmente reconocidas por brindar la mayor garantía de calidad. Usar Normas Internacionales de IEC en el proceso de diseño y fabricación de dispositivos eléctricos ofrece una evidencia poderosa de que un producto es razonablemente seguro y demuestra que se aplicó el conocimiento de última generación. A su vez, esto puede ayudar a reducir riesgos de responsabilidad. (IEC, 2016, p.14)

**ANSI C57.13-1978**, Francisco Estévez Ruiz en la asignatura académica para la licenciatura en ingeniería eléctrica ha referido que:

Las normas ANSI/IEEE C57.13-1978 definen las clases de precisión de los T/C con las letras T y C junto a un número de clasificación. La letra T (clase H, antes de 1968) indica que este error ha sido determinado experimentalmente mientras que la letra C (Clase L, antes de 1968) indica que el error inducido en la razón de transformación puede calcularse. Para los transformadores Clase T, se entregan curvas de sobre corriente, que relacionan la magnitud de las corrientes primaria y secundaria, para un rango entre 1 y 22 veces la corriente primaria nominal, considerando una curva para cada valor de burden nominal. Para la clase C, el número de clasificación indica el voltaje que debe inducirse en el secundario con una carga normal y operando con una corriente igual a 20 veces la corriente nominal primaria sin que se exceda

en más de un 10% el error en la razón de transformación (NTP, 2013, p.32).

**IRAM 2250:2016**, brinda la indicación general y específica para todos los requisitos constructivos y ensayos de control de esos elementos. Siendo fruto del consenso técnico entre los diversos sectores involucrados, en este caso los fabricantes de los transformadores, los fabricantes de accesorios para transformadores, los usuarios y especialistas en el tema. Es decir que, durante la elaboración de la norma han surgido discrepancias técnicas entre fabricantes y usuarios y también entre los propios fabricantes entre sí e igualmente entre distintos usuarios. Pero a partir del consenso, existe un compromiso para su aplicación sin distorsiones, que es lo que se trata de extender en forma más amplia, tal como se expresa en la introducción de la norma, que se transcribe a continuación.

**NTP 370.400:2013** “Transformadores de distribución monofásicos y trifásicos auto refrigerados, sumergidos en líquido aislante. Corriente en vacío, pérdidas y tensión de corto circuito” el cual fue emitida en la legislación peruana el 16 de enero de 2014.

#### 1.2.6 Investigaciones o antecedentes del estudio

##### 1.2.6.1 Antecedentes Internacionales

Arango., et al (2016) realizaron un estudio en Colombia con el título “Mejoramiento de procesos de manufactura utilizando Kanban” con el objetivo de reducir la cantidad de producto en proceso que no es utilizado. Para ello, se utilizó la metodología de Kanban. Entre los principales resultados se encontró una mejora en la rotación de producto en proceso, manteniendo el mínimo de unidades en cola y en inventario, las ordenes de producción son empaquetadas en pequeños lotes, facilitando la programación inicial para el proceso de núcleo. En conclusión: La metodología permitió disminuir los niveles de inventario de productos en

proceso en líneas de producción, debido a la reducción en el número y en la variabilidad de productos en procesos (bobinas sin núcleo), así como la reducción del número de ordenes enviadas a producción para la fabricación de transformadores de potencia.

Izquierdo y Nieto (2013) realizaron un estudio en Colombia con el título “Implementación de un sistema de mejora continua Kaizen aplicado a la línea automotriz en una industria metalmecánica del Norte del Cauca” con el objetivo de implementar un sistema de mejoramiento continuo Kaizen, para disminuir los desperdicios en los procesos de producción de troquelado y pintura. La metodología tuvo un enfoque cuantitativo de tipo descriptivo. La muestra fue de 20 trabajadores quienes fueron observados y entrevistados. El instrumento de recolección fue el grupo focal, donde comprendían 5 personas por cada grupo. Asimismo, se trabajó con fuentes secundaria como los libros de consulta e información de revistas científicas como documentos de la empresa. La implementación de la mejora continua favoreció a los procesos reduciendo los desperdicios, el cual contribuyo a mejorar la calidad, así como también capacitar al personal involucrado en los procesos. Se logró un ahorro significativo para la empresa de \$ 284,521.00 anual cumpliendo con la meta de reducción del 2.5%. En conclusión: la mejora continua permitió alcanzar una mejor productividad y calidad, sin efectuar una inversión significativa de capital.

Jaramillo y López (2012) en su investigación realizada en Colombia con el título “Propuesta de mejoramiento de procesos productivos para empresas metalmecánicas caso: Productos confort S.A.” cuyo objetivo fue proponer un plan de mejoramiento en la eficiencia de los procesos productivos de la empresa Productos Confort S.A con el fin de mejorar su competitividad en el mercado. La metodología empleada fue el análisis documental. Asimismo, se emplearon las herramientas como KAIZEN, 6M, Poka, Yoke, estandarización de procesos. Llegando a la conclusión que al aplicar las metodologías de TPM y Lean Manufacturing podrían mejorar los procesos productivos de las empresas; es decir las metodologías antes mencionadas indican tener resultados positivo tanto

en el involucramiento del personal operativo como en cada proceso productivo.

#### 1.2.6.2 Antecedentes Nacionales

Alegre (2017) realizó una investigación titulada “Implementación de un plan de mejora continua en el área de ensamblaje para incrementar la productividad de la empresa INDAL SRL. 2016” con el objetivo de incrementar la productividad de la empresa INDAL SRL. Mediante la implementación de un plan de mejora continua en el área de ensamblaje. La metodología empleada fue descriptiva, cuantitativa y longitudinal. Entre las principales conclusiones:

- La implementación de las herramientas 5S y PHVA se amoldan de manera más amplia a los problemas detectados en el estudio; Es decir, la productividad consiguió un incremento del 29.96%, la eficacia incremento en un 20.14%, la eficiencia incremento en un 8.74% y la merma se redujo en un 83.07%.
- El costo de unidad producida de placa soldada es de S/353.22 nuevos soles, \* 25 placas el valor asciende a S/. 8 830.50, con ayuda de la implementación logro un ahorro de S/. 7 064.40 mensuales.
- Por último, el análisis financiero de rentabilidad obtuvo los siguientes resultados:

El costo beneficio (B/C) es de 1.06, lo que permite decidir la viabilidad del proyecto, al ser el resultado de análisis  $> 1$  considerándose rentable. El valor actual neto (VAN) fue de S/. 9 946.70 nuevos soles. La tasa interna de Retorno (TIR) fue de 74%, el cual llegaron a concluir que es rentable.

Aponte (2017) realizó un estudio con el título “Aplicación del TPM para mejorar la productividad en el proceso de fabricación transformadores de la empresa promotores eléctricos S.A independencia, 2017” con el propósito de optimizar la productividad en el proceso de producción de transformadores de la fábrica promotores eléctricos S.A. El tipo de investigación fue aplicada, cuasi experimental. La población fue en base a

90 días de operación del conjunto del conjunto de máquinas involucradas en el proceso. Entre los resultados encontrados se tiene que el mantenimiento autónomo mejora la producción de fabricación de transformadores y el mantenimiento planificado mejora las horas máquinas efectivas. En conclusión: La aplicación del Mantenimiento Productivo Total en el proceso de fabricación de transformadores de la empresa Promotores Eléctricos S.A, la productividad de la maquinaria ha mejorado en un 21.07% en relación a la situación inicial.

Callo (2017) realizó una investigación con el título “Propuesta de mejora para aumentar la productividad basado en un estudio de tiempos y determinación del tiempo estándar de la línea de producción de vidrio insulado en la corporación vidrio Glass”. La investigación fue de tipo cualitativa con un nivel descriptivo. Entre las principales conclusiones:

- Se logró optimizar el tiempo estándar de producción de 15.63 min a 14.97 min, con lo cual aumento el número de piezas de producción, a la vez disminuyó el número de elementos de 16 a 14.
- La productividad aumento en 27%, lo que consistió la utilización eficiente de Horas Hombre empleadas en la producción.
- Luego de la propuesta de mejora sugerida en las condiciones de trabajo, se logró crear un ambiente confortable para el operario que trabaja dentro de la cámara de insulado, de las cuales se disminuyó las variables termo dinámicas.
- Respecto a la evaluación del estudio, el valor del VAN fue positivo, el valor del TIR fue mayor al costo de oportunidad, por lo que es rentable para la empresa.

#### 1.2.7 Marco conceptual

- **Proceso:** “conjunto de actividades relacionadas y que interactúan, los cuales transforman elementos de entrada en resultados” (Gutiérrez, 2013)
- **Mejora de Proceso:** Según Harrington (como se citó por Maldonado, 2011). Mejora de proceso se basa en cambiarlo para hacerlo más



efectivo, eficiente y adaptable, qué cambiar y cómo cambiar depende del enfoque específico del empresario y del proceso.

- **Productividad:** Puede definirse como la relación entre la cantidad de bienes y servicios producidos y la cantidad de recursos utilizados. En la fabricación la productividad sirve para evaluar el rendimiento de los talleres, las máquinas, los equipos de trabajo y los empleados. (Di Stefano y Alderete, 2004)
- **Eficacia:** “La capacidad de lograr el efecto que se desea o se espera” (Baca, 2014)
- **Eficiencia:** la razón entre el tiempo útil (tiempo dedicado para el desarrollo de la labor) y el tiempo total (tiempo global para el desarrollo de la operación) (Gutiérrez, 2010)
- **Tiempos de espera:** Está definido por el evento o suceso de cualquier recurso, cuya misión, en un momento dado, es no detenerse, se detiene por diferentes causas, por ejemplo; diferentes cargas de trabajo, fallas en la programación o en equipos (Pérez 2011).
- **SMED:** Tapia (2017) La herramienta SMED también llamada cambios rápidos de modelo, es una técnica con la cual es posible modificar la configuración de una maquina en menos de 10 minutos o incluso segundos.
- **Kaizen:** Termino japonés que significa “cambio a mejor”, usualmente traducido como mejora continua. (Tapia, 2017)
- **JIT:** Diseñado por Toyota en los años 40, fue diseñado para manejar volúmenes grandes o pequeños de piezas, con la finalidad de tener todas las piezas en el momento que se requieren y que sea adecuado al proceso que se ha de realizar. (Ardila, 2016)
- **TPM:** García (2011) menciona que el Mantenimiento Preventivo Total (TPM, Total Productive Maintenance, por sus siglas en inglés) es en la actualidad una de las principales herramientas para lograr la eficiencia y competitividad, lo que supone cumplir con especificaciones de calidad, tiempo y costo de la producción (p.1)

## CAPÍTULO II: EL PROBLEMA, OBJETIVOS, HIPÓTESIS Y VARIABLES

### 2.1 Planteamiento del problema

#### 2.1.1 Descripción de la realidad problemática

Las nuevas tendencias y tecnologías han dado lugar al surgimiento de nuevas necesidades en muchos ámbitos que, a su vez, ha obligado a las empresas a reinventar día a día para que puedan alcanzar el nivel de competitividad exigido en los días presentes, es por esto que las empresas en los diferentes rubros tienen que estar preparadas para “enfrentar distintos cambios y poder innovar en el negocio aplicando constantemente herramientas de mejora continua para analizar, implementar y hacer un seguimiento de las buenas prácticas, creando una cultura organizacional eficiente y eficaz con el fin de brindarle al cliente un producto o servicio con un valor agregado diferente al de la competencia” (Ospina, 2016, p 14)

Para Rey (2001) La búsqueda de la competitividad de la empresa en el mercado actual, nos va a llevar sin duda a un replanteamiento del sistema vigente de mantenimiento. La competitividad no se alcanzará sin una correcta gestión de la producción, y a la vez la gestión del mantenimiento de sus equipos, para alcanzar los objetivos de calidad, productividad y rendimiento esperados.

En la actualidad las empresas que fabrican transformadores eléctricos deben mantener y cuidar sus equipos para satisfacer las necesidades y requisitos de los usuarios del sistema. Para el Diario Gestión (2014) refiere que la productividad del sector de manufacturas llegó a mejorar en un 25% entre el periodo de 2002 al 2012, sobre todo en la manufactura industrial, con ello la productividad llegó a crecer anualmente en 2.7%, por lo que se ha visto beneficiado, ya que toda empresa industrial necesita de equipos, transformadores eléctricos, etc., esto también ha hecho que existan nuevas empresas, generando un mercado competitivo.

La empresa DELCROSA S.A. es una empresa de capitales peruanos con más de 60 años de experiencia en el mercado nacional e internacional, dedicada principalmente al rubro de fabricación y comercialización de equipos eléctricos. Como meta de negocio está la de garantizar la calidad de procesos de fabricación y lograr la satisfacción por parte de sus clientes, en base a procesos adecuados que cumplan con los más altos estándares de calidad y servicio. Sin embargo, la empresa ha tenido una baja productividad en la fabricación de los transformadores, debido a que el proceso de armado de núcleo ha venido presentado deficiencias como: demora en los tiempos, falta de mantenimiento en la maquinaria, uso excesivo de horas extras, etc. Esto ha hecho no satisfacer la demanda de la producción de transformadores en el mercado.

#### 2.1.2 Definición del problema general y específicos

##### Problema General

- ¿Cómo la propuesta de mejora en el proceso de armado de núcleo incrementará la productividad en la fabricación de transformadores de la empresa DELCROSA S.A. durante el 2018?

##### Problemas específicos

- ¿Cuál es la situación actual del proceso de armado de núcleo en la fabricación de transformadores de la empresa DELCROSA S.A. durante el 2018?
- ¿Cuál es la herramienta de ingeniería propuesta para mejorar el armado de núcleo e incrementar la fabricación de transformadores de la empresa DELCROSA S.A. durante el 2018?
- ¿La propuesta de mejora es viable económicamente?

## 2.2 Objetivos, delimitación y justificación de la investigación

### 2.2.1 Objetivo general y específico

#### Objetivo general

- Determinar cómo la propuesta de mejora en el proceso de armado del núcleo incrementará la producción de transformadores de la empresa DELCROSA S.A. durante el 2018.

#### Objetivo específico

- Determinar la situación actual del proceso de armado de núcleo en la fabricación de transformadores de la empresa DELCROSA S.A. durante el 2018.
- Determinar cómo la herramienta de ingeniería propuesta mejora el proceso de armado del núcleo e incrementa la producción de transformadores de la empresa DELCROSA S.A. durante el 2018.
- Realizar el análisis de viabilidad económica de la propuesta.

### 2.2.2 Delimitación del estudio

La investigación se realizó en la empresa DELCROSA, que involucra al proceso de armado de núcleo en la fabricación de transformadores eléctricos. El periodo de recolección fue durante el 2018.

### 2.2.3 Justificación e importancia del estudio

La presente investigación busca contribuir con información esencial acerca de las herramientas y/o métodos que se usan dentro un proceso industrial y el beneficio de su implementación al rubro de fabricación y comercialización de equipos eléctricos. Así como motivar a la investigación y a la buena práctica de dichas técnicas. Por ello, se realiza la presente investigación, donde se busca realizar el análisis situacional del proceso de armado de núcleo de la empresa DELCROSA S.A., para luego diseñar una propuesta de mejora, con la finalidad de mejorar la

productividad, ya que la producción actual es de 20 núcleos estándar mensuales (tipo 3265) y con la propuesta de mejora el proceso de armado podría producir de 30 núcleos mensuales, asegurando su crecimiento y fortalecimiento en la empresa, por ende, es primordial que toda organización trabaje en función a los intereses de sus clientes.

## 2.3 Hipótesis, variables y definición operacional

### 2.3.1 Hipótesis general

#### Hipótesis general

- La propuesta de mejora en el proceso de armado del núcleo incrementara la producción de transformadores de la empresa DELCROSA S.A. durante el 2018.

#### Hipótesis específico

- Analizando la situación actual del proceso de armado de núcleo se mejora la fabricación de transformadores de la empresa DELCROSA S.A.
- La herramienta de ingeniería propuesta mejora el proceso de armado del núcleo e incrementar la producción de transformadores de la empresa DELCROSA S.A. durante el 2018.
- La propuesta de mejora en el proceso de armado del núcleo es económicamente viable.

### 2.3.2 Variables, definición operacional e indicadores

#### Variable 1

##### Propuesta de mejora en el proceso de armado de núcleo

Se refiere a la optimización de los métodos de trabajo para garantizar que los tiempos de armado de núcleo se reduzcan para la entrega de los transformadores.

- Formato de procedimientos
- Diagrama de proceso
- Políticas y estrategias
- Especificaciones de operaciones
- Especificaciones de equipos

## Variable 2

Productividad: Es el producto entre la eficacia de utilizar los recursos para el cumplimiento del objetivo en función del tiempo utilizado y la eficiencia de optimizar los recursos y el tiempo de manera adecuada para su finalidad.

$$Productividad = Eficiencia * Eficacia$$

## Indicadores

- Eficiencia: Es la relación del resultado alcanzado entre los recursos utilizados.

$$Eficiencia = \frac{Horas\ hombres\ producidas}{Horas\ hombre\ disponible}$$

- Eficacia: Es el grado en que se realizan las actividades planeadas y se alcanzan los resultados planeados.

$$Eficacia = \frac{Núcleos\ producidos}{Núcleos\ planeados}$$

## CAPÍTULO III: MÉTODO, TÉCNICA E INSTRUMENTOS

### 3.1 Tipo de investigación

Según Vargas (2009), el tipo de investigación es aplicada, porque es entendida como “la utilización de los conocimientos en la práctica, para aplicarlos en provecho de los grupos que participan en esos procesos y en la sociedad general, además del baje de nuevos conocimientos que enriquecen la disciplina” (p. 159).

El tipo de investigación por la orientación fue Aplicada, ya que se llevó a cabo una propuesta de mejora del proceso de armado de núcleo en la fabricación de núcleos de la empresa DELCROSA S.A., mediante el uso de una herramienta de ingeniería.

### 3.2 Diseño a utilizar

El diseño de la investigación fue analítico, prospectivo

- Según las variables de interés el estudio fue analítico, ya que en estos estudios se plantea y pone a prueba hipótesis, en este caso la propuesta de mejora del proceso de armado de núcleo.
- Según la planificación de recolección de datos, el estudio fue prospectivo porque se recurrió a fuentes primarias es decir el investigador solicito la opinión de los colaboradores para identificar el proceso con mayores problemas. Además, solicito la información detallada (documentación) sobre la empresa DELCROSA S.A.

### 3.3 Universo, población, muestra y muestreo

Población y muestra:

Para Valderrama (2015, p.183), “es el conjunto de la totalidad de las medidas de las variables en estudio, en cada uno de las unidades del universo”

Estuvo conformada 10 colaboradores de las distintas áreas de la empresa DELCROSA S.A

### 3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

#### Técnica

La técnica de recolección de datos en la presente investigación fueron la encuesta y el análisis documental.

#### Instrumento

El instrumento fue una ficha de recolección (ver anexo 4), el cual fue dirigido a los colaboradores con la finalidad de encontrar el proceso que, durante el último año, ha generó mayor dificultad.

Se utilizó el análisis documental, ya que se recurrió a la revisión de libros, revistas especializadas y el manual de procedimientos de la empresa DELCROSA S.A. en específico el proceso de armado de núcleo.

### 3.5 Procesamiento de datos

Luego del levantamiento de información en la empresa DELCROSA S.A, acerca de la encuesta y la toma de tiempos en el proceso de armado de núcleo, se realizó mediante estadística descriptiva. Es decir; para las variables cuantitativas se empleó la media aritmética (promedio), mientras que en las variables cualitativas se empleó frecuencias absolutas (n) y relativas (porcentajes), los cuales fueron presentadas en tablas con la ayuda del software Microsoft Excel 2013; asimismo, en este software también se diseñaron herramientas graficas (de barras).

Además, se realizó la diagramación de operaciones del proceso en estudio, también el análisis de causa y efecto, llamado diagrama de Ishikawa, para el proceso de armado, el Microsoft software Excel 2013 y Microsoft software vicio 2013.



## CAPÍTULO IV: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

### 4.1 Presentación de resultados

Luego de proceder con los permisos correspondientes a las autoridades de la Empresa DELCROSA S.A y de la Universidad Inca Garcilaso de la Vega para su aprobación. Se procedió realizar el diagnostico situacional.

#### 4.1.1 Descripción general de la empresa

En la actualidad la empresa DELCROSA es una de las principales empresas contratistas de proyectos electromecánica a nivel de Sudamérica que desarrolla tecnología propia. Uno de los proyectos pioneros es el de energía renovable en el negocio de la generación, transmisión y distribución de la energía eléctrica.

La fabricación y comercialización de los transformadores son hasta 4000MVA y 500KV y cuenta con amplios accionamientos (motores, reductores, variadores de velocidad, etc.) y servicios electromecánicos en general.

#### - Generalidades de la Empresa

Razón Social: DELCROSA S.A

Dirección: Av. Argentina 1515- Lima

RUC: 20100019940

#### Misión de la empresa

Brindar soluciones óptimas en la transformación de la energía eléctrica, que promueva productividad y competitividad de nuestros clientes.

#### Visión de la empresa

Ser líderes en soluciones integrables en energía y automatización.

#### 4.1.1.1 Políticas de calidad, seguridad, salud ocupacional y medio ambiente

DELCROSA S.A. es una empresa dedicada a la fabricación y comercialización de transformadores eléctricos; ingeniería, obras civiles, montaje electromecánico, pruebas y puesta en servicio de subestaciones y líneas de alta tensión; comercialización de reductores, motores eléctricos y variadores de frecuencia de baja y media tensión; servicios de pruebas eléctricas de transformadores de potencia y distribución; servicios de mantenimiento y/o reparación de transformadores de potencia y distribución, etc.

La dirección de DELCROSA, ha asumido los siguientes compromisos que guían a todos sus colaboradores:

- Cumplir con los requisitos legales aplicables a nuestras actividades, así como los requisitos legales asociados a la seguridad, salud ocupacional y medio ambiente y otros a los que la organización se adhiera libremente.
- Optimizar continuamente nuestros procesos y desempeño.
- Proveer productos y servicios de calidad que logren la satisfacción de los clientes
- Mantener una cultura de seguridad y salud ocupacional que permita prevenir los accidentes, incidentes y enfermedades ocupacionales, asegurando la mejora de su desempeño, brindando las condiciones adecuadas para el desarrollo laboral y profesional en el centro de trabajo.
- Identificar y eliminar, reducir o mitigar los impactos adversos sobre el medio ambiente producto de las operaciones.

Fuente: Empresa DELCROSA S.A

#### 4.1.1.2 Estructura organizativa

DELCROSA S.A presenta una estructura organizacional piramidal jerárquica vertical para el desarrollo de sus operaciones, como se muestra en la Figura 7, y mediante la cual se facilita el trabajo en equipo.

Las gerencias presentes en el Organigrama tienen funciones específicas del área que representan y está conformado por:

- Gerente General: lo conforma el ingeniero de SSOMAC, asistente de SSOMAC y asistente de la gerencia general.
- Gerente de la división de proyectos y servicios: conformado por el asistente administrativo en proyectos y servicios, administración de costos P&S, asistente legal, jefe de ejecución de obras, etc.
- Gerente de la división de accionamientos y representaciones: lo conforma el supervisor de ventas de accionamientos y representaciones, ingeniero de soporte comercial, ingeniero técnico de servicios, ejecutivo de ventas rápidas y ejecutivo de cuentas.
- Gerente de la división transmisión y distribución: lo conforma el ejecutivo de soporte de ventas, el jefe de operaciones y dentro de ellos, se encuentra al supervisor del control de la producción, asistente de operaciones, supervisor de mantenimiento, de ingeniería, costo y presupuesto, control de calidad, montaje y conexonado, de bobinado, de núcleo, carpintería, construcciones metálicas y control de procesos.
- Jefe de logística. Lo conforma el ejecutivo de compras, compras de proyectos, comercio exterior, almacenes PT- proyectos y servicios y almacenes y fabrica.
- Jefe de gestión humana: lo conforma el supervisor de gestión humana, asistente social, asistente de selección y capacitación, asistente legal administración y asistente de gestión humana.

- Jefe de administración y finanzas: Lo conforma el asistente de administración y finanzas, seguridad, limpieza.

#### 4.1.2 Análisis situacional

##### 4.1.2.1 Identificación del problema principal

Al realizar un diagnóstico general en la organización en sus distintas áreas, en coordinación con 10 colaboradores de la empresa sobre los procesos que tienen a su cargo, en el último año generaron mayor dificultad o cuello de botella. Esta evaluación consistió, en evaluar tres criterios en base a un puntaje del 1 al 5, donde 1 se consideró menos grave y 5 como más grave. En la Tabla 3, se observa la matriz de priorización de los procesos:

Tabla 3

*Matriz de priorización de los procesos de la empresa DELCROSA.*

Área: Proceso	Criterios de selección			Total
	Tiempo	Costo	Impacto	
<b>Bobinado:</b>				
Fabricación de bobinas.	1	2	4	2.3
<b>Carpintería de aislamiento:</b>				
Fabricación de aislamiento interno del transformador	2	1	3	2
<b>Construcciones metálicas:</b>				
Fabricación de tapa y tanque del transformador	1	2	4	2.3
<b>Núcleo</b>				
Corte	2	3	2	2.3
Armado de núcleo	4	5	5	4.7
<b>Montaje y conexiónado:</b>				
Montaje de bobinas y conexiónado de parte activa	1	2	4	2.3
<b>Pruebas:</b>				
Pruebas eléctricas.	2	1	4	2.3
Control de calidad de los transformadores	2	1	3	2
<b>Pintura:</b>				
Pintado y granallado de partes	1	2	3	2
Pintado y granallado de accesorios	1	2	3	2
Pintado y granallado de transformadores	1	2	3	2
<b>Acabados:</b>				
Acabado general de los transformadores.	1	1	4	2

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la matriz de priorización se observó que los colaboradores de la empresa DELCROSA percibieron que el proceso de armado de núcleo genera mayor dificultad o es el cuello de botella. Por lo que se realizó un brainstorming en el cual se realizó el diagrama causa- efecto

(figura 8), para determinar las principales causas y efecto de estas en el proceso de armado de núcleo.



**Figura 8. Diagrama Causa – Efecto**

Elaboración propia

Determinando que el principal efecto que estas generan es un elevado tiempo de proceso en el área del armado del núcleo, siendo las causas determinadas en la tabla 4

**Tabla 4**

*Problemas detectados en el ishikawa*

Ítem	Problema
1	Aislantes no están preparados para el trabajo
2	El área no se encuentra bien iluminada
3	El corte de la lámina no permite apilar más de dos laminas a la vez
4	El preparado de las láminas para aplicar tarda porque no son uniformes
5	Estoca no disponible para transporte
6	Falta de resina
7	Falta de material para apilado
8	Herramientas faltantes
9	La mesa de trabajo dificulta el preparado del nivelado del núcleo
10	La preparación y traslado de aislantes se encuentra muy lejos del área de núcleo
11	La preparación y traslado de carpintería se encuentra lejos del área de núcleo
12	La preparación y traslado de los travesaños se encuentra muy lejos del área de núcleo
13	Método de trabajo no estandarizado
14	Personal con falta de capacitación
15	Travesaños no coinciden con la OT

Fuente: Elaboración propia

A través del brainstorming se encontró 15 causas existentes en el área de armado del núcleo las cuales tienen como efecto un elevado tiempo de proceso.

Se procedió a realizar la toma de frecuencias de las causas a través de la ficha de recolección de datos (Anexo 2) para determinar las principales causas que generan el elevado tiempo de proceso del armado de núcleo (Ver tabla 5).

Tabla 5

*Análisis de frecuencia de causas*

Ítem	Problema	Fi	%	% acumulada	Categoría
9	La mesa de trabajo dificulta el preparado del nivelado del núcleo	14	14%	14%	A
4	el preparado de las láminas para aplicar tarda porque no son uniformes	13	13%	27%	
10	La preparación y traslado de aislantes se encuentra muy lejos del área de nucleó	13	13%	40%	
3	El corte de la lámina no permite apilar más de dos laminas a la vez	12	12%	52%	
12	La preparación y traslado de los travesaños se encuentra muy lejos del área de nucleó	10	10%	62%	B
2	El área no se encuentra bien iluminada	7	7%	69%	
11	La preparación y traslado de carpintería se encuentra lejos del área de nucleó	7	7%	76%	
5	Estoca no disponible para transporte	5	5%	81%	
13	Método de trabajo no estandarizado	5	5%	86%	C
14	Personal con falta de capacitación	5	5%	91%	
8	Herramientas faltantes	3	3%	94%	
1	Aislantes no están preparados para el trabajo	2	2%	96%	
15	Travesaños no coinciden con la OT	2	2%	98%	
6	Falta de resina	1	1%	99%	
7	Falta de material para apilado	1	1%	100%	

Fuente: Elaboración propia

Se determinó que existen 5 causas las cuales representan al 52% de la frecuencia levantada, sobre estas 4 causantes se analizó la aplicación de las herramientas de la ingeniería para darles solución en la tabla 6.

Tabla 6

*Causas principales determinadas*

Ítem	Problema	Fi	%	% acumulada	Categoría
9	La mesa de trabajo dificulta el preparado del nivelado del núcleo	14	14%	14%	A
4	el preparado de las láminas para aplicar tarda porque no son uniformes	13	13%	27%	
10	La preparación y traslado de aislantes se encuentra muy lejos del área de núcleo	13	13%	40%	
3	El corte de la lámina no permite apilar más de dos laminas a la vez	12	12%	52%	

Fuente: Elaboración propia

Para determinar la herramienta adecuada, se realizó la coordinación con los mismos colaboradores de la empresa explicándoles una breve descripción de cada herramienta (5S, JIT, SMED, Pokayoke, Kaizen y TPM). Para luego, evaluar los 4 problemas encontrados.

Esta evaluación consistió, en base a un puntaje del 1 al 5, donde 1 se consideró menos importante y 5 como más importante. En la Tabla 7, se observa la matriz de priorización para elegir la herramienta de la ingeniería.

Tabla 7

*Matriz de prioridad para elegir la herramienta de la ingeniería*

Ítem	Problema	5S	JIT	SMED	Pokayoke	Kaizen	TPM
9	La mesa de trabajo dificulta el preparado del nivelado del núcleo	0	1	4	1	2	3
4	el preparado de las láminas para aplicar tarda porque no son uniformes	0	1	5	5	2	0
10	La preparación y traslado de aislantes se encuentra muy lejos del área de núcleo	0	3	5	1	2	0
3	El corte de la lámina no permite apilar más de dos laminas a la vez	0	1	2	5	1	5
TOTAL		0	6	16	12	7	8

Fuente: Elaboración propia

Se determinó por el total del puntaje obtenido, que la herramienta SMED es la adecuada para el desarrollo de la investigación la cual busca la reducción del tiempo de proceso del área de armado de núcleo para la mejora de la productividad.



De acuerdo a Espin (2013) esta herramienta consiste en los siguientes pasos:

- Observar y comprender el proceso de cambio:

Aquí se realiza la observación detallada del proceso con el fin de comprender cómo es que se lleva a cabo y conocer el tiempo invertido.

Son 3 las actividades principales:

- ✓ Filmación completa de la operación de preparación.
- ✓ Creación de un equipo de trabajo multidisciplinar. (personal de producción, encargados personal de mantenimiento, calidad, etc.). Esta actividad sirve para aclarar dudas y recopilar ideas.
- ✓ Elaboración del documento de trabajo donde se resumirán de manera simple las actividades que se llevan a cabo y sus tiempos respectivos.

- Identificar y separar las operaciones internas y externas:

Las operaciones internas son las que se realizan con la máquina parada, mientras que las operaciones externas son las que se realizan con la máquina en marcha. Debido a que usualmente ambas operaciones se encuentran mezcladas, es importante realizar esta fase de identificación y separación.

- Convertir las operaciones internas en externas

Al realizar esta acción, las operaciones externas se realizarían fuera del tiempo de cambio. Esto, a su vez, generaría una reducción del tiempo total de dicho cambio.

- Refinar todos los aspectos de la preparación

Se busca la optimización de las operaciones tanto internas como externas con el objetivo de reducir en todo lo posible los tiempos empleados. Generalmente los tiempos de las operaciones externas se

reducen mejorando la localización, identificando y organizando útiles, herramientas y otros elementos necesarios para realizar el cambio.

Por otro lado, los tiempos de las operaciones internas se pueden reducir llevando a cabo algunas operaciones en paralelo, buscando métodos de sujeción rápidos y realizando eliminación de ajustes.

- Estandarizar el nuevo procedimiento  
Esta última fase busca mantener en el tiempo la nueva metodología que se ha desarrollado. Para esto se genera documentación sobre el nuevo procedimiento de trabajo, que pueden ser documentos escritos, esquemas entre otros.

#### 4.1.2.2 Identificación de indicadores actuales

Con la finalidad de poder medir el impacto de la aplicación de la herramienta SMED sobre el tiempo de proceso del área de armado de núcleo mediremos los siguientes indicadores

- Eficiencia
- Eficacia
- Productividad
- Takt Time

##### 4.1.2.2.1 Eficiencia

Este indicador mide la relación entre las horas hombre disponible y las horas hombres producidas con respecto a los recursos utilizados, tal como se muestra en la siguiente formula. En la tabla 8, se observa que la eficiencia general de los operarios durante un año es de 90%.

$$Eficiencia = \frac{Horas\ hombres\ producidas}{Horas\ hombre\ disponible}$$

Tabla 8

*Eficiencia en el proceso de armado de núcleo*

<b>Mes</b>	<b>Horas hombres disponible</b>	<b>Horas hombres producidas</b>	<b>Eficiencia</b>
Enero	96	87.36	91%
Febrero	96	86.4	90%
Marzo	96	88.56	92%
Abril	96	86.88	91%
Mayo	96	87.12	91%
Junio	96	84.48	88%
Julio	96	87.6	91%
Agosto	96	85.68	89%
Septiembre	96	84.72	88%
Octubre	96	86.4	90%
Noviembre	96	86.16	90%
Diciembre	96	88.56	92%
<b>Promedio</b>	<b>96</b>	<b>86.66</b>	<b>90%</b>

Fuente: Empresa DELCROSA S.A.

#### 4.1.2.2.2 Eficacia

Se trata de indicador que mide el grado de cumplimiento de un objetivo planteado, tal como se observa en la siguiente formula. En la tabla 9 se observa que la eficiencia general de los núcleos que se producen en el proceso de armado de núcleo durante un año es de 92.0%, el cual está relacionado con los núcleos planeados, núcleos producidos.

$$Eficacia = \frac{\text{núcleos producidos}}{\text{núcleos planeados}}$$

Tabla 9

*Eficacia en el proceso de armado de núcleo*

Mes	Núcleos planeados	Núcleos producidos	Eficacia
Enero	22	20	91%
Febrero	22	21	95%
Marzo	22	20	91%
Abril	22	20	91%
Mayo	22	20	91%
Junio	22	21	95%
Julio	22	20	91%
Agosto	22	20	91%
Septiembre	22	21	95%
Octubre	22	20	91%
Noviembre	22	19	86%
Diciembre	22	20	91%
<b>Promedio</b>	<b>22</b>	<b>20.17</b>	<b>92%</b>

Fuente: Empresa DELCROSA S.A.

#### 4.1.2.2.3 Productividad

Capacidad para dar valor agregado a sus recursos que usa durante una actividad. Es decir, son los productos o servicio obtenidos utilizando la menor cantidad de recursos para poder decir o medir que nuestra productividad está siendo más eficiente respecto a nuestros resultados obtenidos, en la siguiente formula se muestra cómo se obtiene la productividad.

$$Productividad = Eficiencia * Eficacia$$

Tabla 10

*Productividad en el proceso de armado de núcleo*

Mes	Productividad	Mes	Productividad
Enero	82.73%	Julio	82.73%
Febrero	85.91%	Agosto	80.91%
Marzo	83.64%	Septiembre	84.00%
Abril	82.73%	Octubre	81.82%
Mayo	82.73%	Noviembre	77.73%
Junio	84.00%	Diciembre	83.64%
<b>Promedio</b>		<b>82.50%</b>	

Fuente: Empresa DELCROSA S.A.

En la tabla 10 se observa que la productividad general de los núcleos que se producen en el proceso de armado de núcleo durante un año es de 82.5%, el cual está relacionado con la eficiencia y eficacia de los operarios para producir núcleos.

#### 4.1.2.2.4 Takt Time

Con la finalidad de cumplir con la demanda, se proyectó el takt time del proceso de armado de núcleo mensual, sabiendo que tiene una demanda esperada de 20 núcleos por mes como mínimo.

$$Takt\ Time = \frac{Tiempo\ disponible}{Cantidad\ total\ semanal}$$

Sabiendo que la empresa labora 5 días a la semana en turnos de 9.6 horas, tenemos un tiempo disponible al mes de 192 horas = 619,200 segundo

$$Takt\ Time = \frac{619200\ segundos}{22\ nucleos}$$

$$Takt\ Time = 28,145.45\ segundo/núcleo$$

$$Takt\ Time = 7.81\ horas/núcleo$$

Determinando el ritmo de trabajo ideal al mes de 7.81 horas por núcleo para cumplir el programa planeado de 22 núcleos mensuales.

Actualmente se sabe que el tiempo de ciclo de la operación de armado del núcleo es de 34,560 segundos por núcleo = 9.6 horas por núcleo por lo que la producción actual está en 20 núcleos por mes.

### 4.1.3 Aplicación de la herramienta SMED

#### 4.1.3.1 Fase preliminar

Para la fase preliminar de la implementación de la herramienta SMED es necesario crear un grupo de trabajo de la herramienta SMED, este grupo

de trabajo estará conformado principalmente por los operarios involucrados en la tarea, así como los supervisores y personal de gerencia encargado de la toma de decisiones, tal como se muestra en la tabla 11.

Tabla 11

*Equipo de trabajo SMED*

Miembro
Enrique Zavala
Operario 1
Operario 2
Técnico de mantenimiento 01
Técnico de mantenimiento 02
Supervisor
Responsable en Gerencia

Fuente: Elaboración propia

Una vez conformado el equipo de trabajo para la implementación de herramienta SMED se realizará las capacitaciones correspondientes sobre el uso e implementación de la herramienta.

Las capacitaciones se realizarán en un total de 4 días, tres horas diarias, en un total de 12 horas de capacitación (Ver tabla 12).

Tabla 12

*Cronograma de capacitaciones herramienta SMED*

Tema	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4
Fase 1: Análisis de actividades	X			
Fase 2: Clasificar actividades como Internas/Externas		X		
Fase 3: Convertir las actividades internas en externas			X	
Fase 4: Refinar todo el proceso				X

Fuente: Elaboración propia

Ya realizadas las capacitaciones de la herramienta SMED al equipo de trabajo para su implementación, se procederá a pasar a la Fase 01 de su implementación.

#### 4.1.3.2 Fase 01: Análisis de la actividad

En esta fase se procedió a levantar información de la situación actual (proceso de armado de núcleo), donde se realizó lo siguiente:

- a. Se realizó el análisis de las actividades del proceso
- b. Se realizó el levantamiento del tiempo observado por cada actividad encontrada

##### a. Análisis de actividades

A través de los documentos de la empresa DELCROSA S.A. se determinó las actividades generales del armado de núcleo, a su vez con el levantamiento de información del ingeniero encargado se puede determinar actividades detalladas del proceso en las figuras 9 y 10.

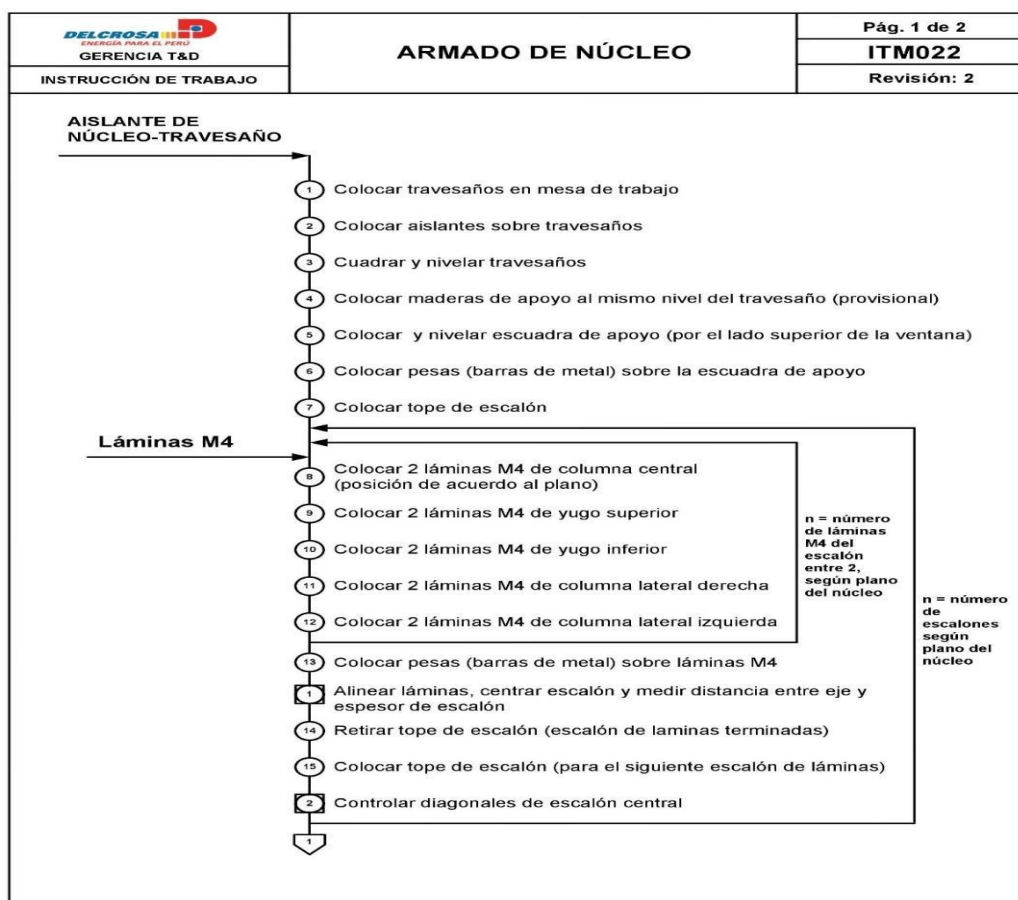


Figura 9. Página 01 Diagrama de operaciones empresa DELCROSA S.A.  
Fuente: Empresa DELCROSA S.A.

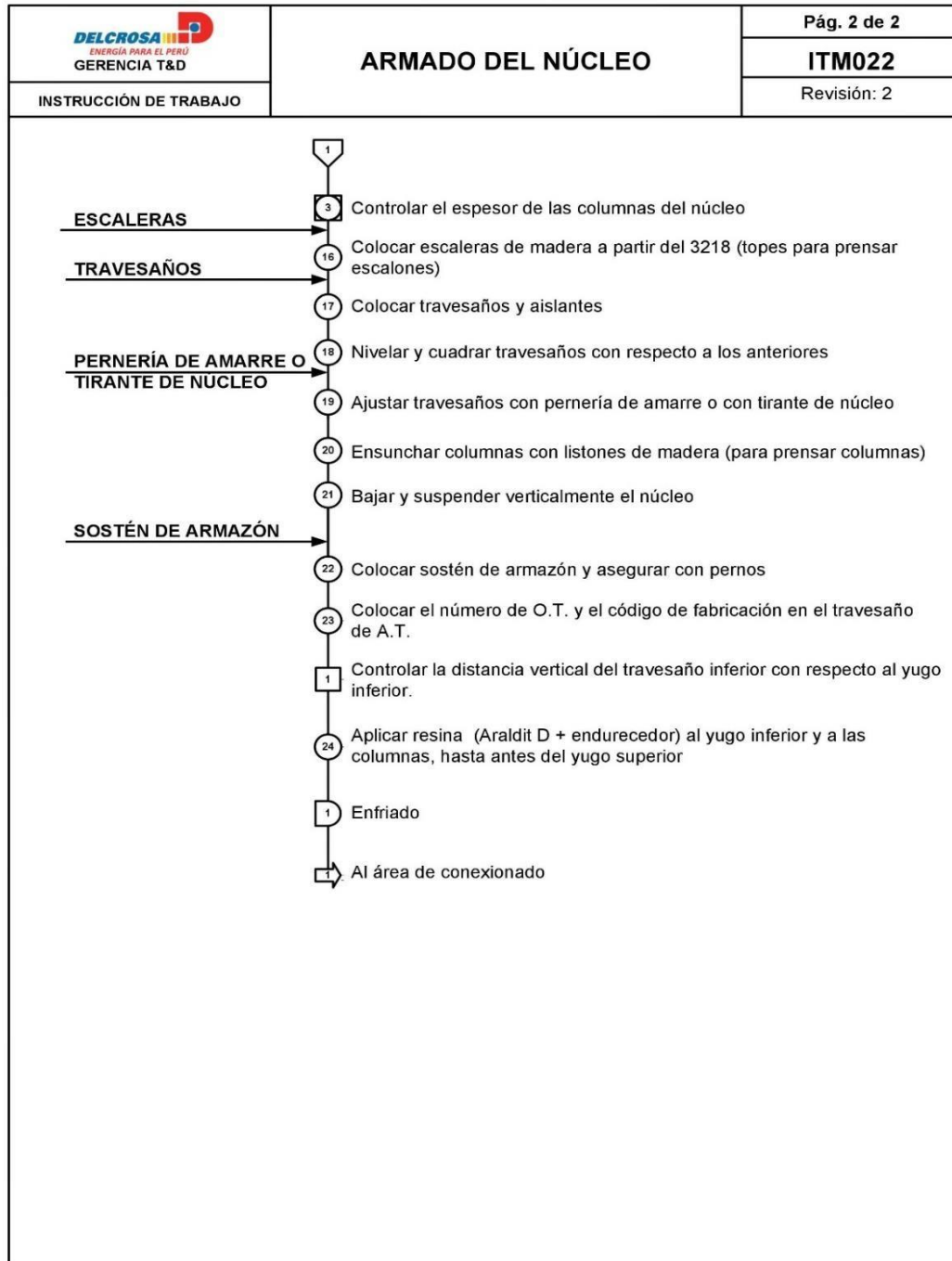


Figura 10. Página 02 Diagrama de operaciones empresa DELCROSA S.A.

Fuente: Empresa DELCROSA S.A.

Posteriormente teniendo definidas las actividades principales brindada por la empresa DELCROSA S.A se realizó el levantamiento insitu del detalle de las actividades (ver tabla 13) en lo cual se utilizó la plantilla de levantamiento de información (Anexo 3).



Tabla 13

*Levantamiento de información*

Levantamiento de la información					
<b>Proceso:</b>	Armado de Núcleo normalizado 3265	<b>Operario 01:</b>	Eleuterio coya	<b>Tiempo total del proceso:</b>	34560
<b>Actividades involucradas:</b>	Internas (preparativas) y externas (operativas)	<b>Operario 02:</b>	Efraín delgado	<b>Distancia total recorrida:</b>	172
<b>Elaborado por:</b>	Bach. Enrique Zavala	<b>Operario 03:</b>	-	<b>Fecha del levantamiento:</b>	
Ítem	Actividad	Nº de operarios	Tipo de actividad	Tiempo (segundos)	Distancia recorrida (metros)
1	Traer travesaños del área de pintado	2	Simultanea	1200	60
2	Traer aislante de núcleo del área de carpintería de aislamiento				55
3	colocar travesaño en mesa de trabajo				0
4	colocar aislante sobre travesaño	2	Simultanea	900	0
5	cuadrar y nivelar travesaños				0
6	medir madera de apoyo según el travesaño	1	Combinada	600	0
7	llevar madera de apoyo al área de carpintería para ser cortada a medida	1	Combinada	300	0
8	colocar maderas de apoyo al mismo nivel del travesaño	2	Simultanea	600	55
9	colocar y nivelar escuadra de apoyo				0
10	colocar pesas				0
11	colocar tope de escalón	2	Simultanea	300	0
12	Transportar laminas M4 al área del núcleo	2	Combinada	600	2
13	Seleccionar, acomodar, sujetar y llevar a mesa de trabajo 2 láminas M4 al área del núcleo (Actividad se repite según la necesidad de láminas del núcleo)	2	Combinada	1930	0
14	colocar 2 láminas M4 de columna central (Actividad se repite según la necesidad de láminas del núcleo)	2		2894	0
15	Seleccionar, acomodar, sujetar y llevar a mesa de trabajo 2 láminas M4 al área del núcleo (Actividad se repite según la necesidad de láminas del núcleo)	2	Combinada	1930	0
16	colocar 2 láminas M4 de yugo superior (Actividad se repite según la necesidad de láminas del núcleo)	2		2894	0
17	Seleccionar, acomodar, sujetar y llevar a mesa de trabajo 2 láminas M4 al área del núcleo (Actividad se repite según la necesidad de láminas del núcleo)	2	Combinada	1930	0
18	colocar 2 láminas M4 yugo inferior (Actividad se repite según la necesidad de láminas del núcleo)	2		2894	0
19	Seleccionar, acomodar, sujetar y llevar a mesa de trabajo 2 láminas M4 al área del núcleo (Actividad se repite según la necesidad de láminas del núcleo)	2	Combinada	1930	0
20	colocar 2 láminas M4 columna lateral derecha (Actividad se repite según la necesidad de	2		2894	0

	láminas del núcleo)				
21	Seleccionar, acomodar, sujetar y llevar a mesa de trabajo 2 láminas M4, al área del núcleo (Actividad se repite según la necesidad de láminas del núcleo)	2		1930	0
			Combinada		
22	colocar 2 láminas M4 columna lateral izquierda (Actividad se repite según la necesidad de láminas del núcleo)	2		2894	0
23	colocar pesas	2	Combinada	600	0
24	alinear láminas, centrar escalón y medir distancia entre eje y espesor	2	Combinada	300	0
25	retirar tope de escalón (para láminas ya colocadas)	2	Combinada	120	0
26	colocar tope de escalón (para láminas que se van a colocar)	2	Combinada	120	0
27	controlar diagonales de escalón central	2	Combinada	300	0
28	controlar el espesor de columnas del núcleo	2	Combinada	120	0
29	colocar travesaños y aislantes	2	Combinada	900	0
30	nivelar y cuadrar travesaños con respecto a los anteriores	2	Combinada	900	0
31	traer pernería de amarre o tirante de núcleo	2	Combinada	600	0
32	ajustar travesaño con pernería de amarre o tirante de núcleo	2	Combinada	600	0
33	enzunchar columnas con listonas de madera	2	Simultanea	600	0
34	bajar y suspender verticalmente al núcleo	2	Simultanea	600	0
35	colocar sostén de amazón	1	Combinada	120	0
36	colocar el número de OT y el código de	1	Combinada	60	0
37	controlar la distancia vertical del travesaño	1	Combinada	900	0
38	fabricación en el travesaño de AT aplicar resina al yugo inferior y a las columnas, inferior con respecto al yugo inferior	1	Combinada		

hasta antes del yugo superior

Fuente: Elaboración propia

#### 4.1.3.3 Fase 02: Clasificar las actividades como internas o externas

En esta fase con la información levantada en la Fase 01 y con ayuda del equipo de trabajo se realizó la clasificación de las actividades (ver tabla 14) en internas, actividades que se pueden realizar con la maquina parada, y externas, actividades que se pueden realizar con la maquina encendida.

Tabla 14

*Clasificación de actividades*

Ítem	Actividad	Tipo de actividad
1	Traer travesaños del área de pintado	Interna
2	Traer aislante de núcleo del área de carpintería de aislamiento	Interna
3	colocar travesaño en mesa de trabajo	Interna
4	colocar aislante sobre travesaño	Interna
5	cuadrar y nivelar travesaños	Interna
6	medir madera de apoyo según el travesaño	Interna
7	llevar madera de apoyo al área de carpintería para ser cortada a medida	Interna
8	colocar maderas de apoyo al mismo nivel del travesaño	Interna
9	colocar y nivelar escuadra de apoyo	Interna
10	colocar pesas	Interna
11	colocar tope de escalón	Interna
12	Transportar laminas M4 al área del núcleo	Interna
13	Seleccionar, acomodar, sujetar y llevar a mesa de trabajo 2 láminas M4 al área del núcleo (Actividad se repite según la necesidad de láminas del núcleo)	Interna
14	colocar 2 láminas M4 de columna central (Actividad se repite según la necesidad de láminas del núcleo)	externa
15	Seleccionar, acomodar, sujetar y llevar a mesa de trabajo 2 láminas M4 al área del núcleo (Actividad se repite según la necesidad de láminas del núcleo)	Interna
16	colocar 2 láminas M4 de yugo superior (Actividad se repite según la necesidad de láminas del núcleo)	Interna
17	Seleccionar, acomodar, sujetar y llevar a mesa de trabajo 2 láminas M4 al área del núcleo (Actividad se repite según la necesidad de láminas del núcleo)	externa
18	colocar 2 láminas M4 yugo inferior (Actividad se repite según la necesidad de láminas del núcleo)	Interna
19	Seleccionar, acomodar, sujetar y llevar a mesa de trabajo 2 láminas M4 al área del núcleo (Actividad se repite según la necesidad de láminas del núcleo)	externa
20	colocar 2 láminas M4 columna lateral derecha (Actividad se repite según la necesidad de láminas del núcleo)	Interna
21	Seleccionar, acomodar, sujetar y llevar a mesa de trabajo 2 láminas M4 al área del núcleo (Actividad se repite según la necesidad de láminas del núcleo)	externa
22	colocar 2 láminas M4 columna lateral izquierda (Actividad se repite según la necesidad de láminas del núcleo)	Interna
		externa
23	colocar pesas	Interna
24	alinear laminas, centrar escalón y medir distancia entre eje y espesor	interna
25	retirar tope de escalón (para laminas ya colocadas)	Interna
26	colocar tope de escalón (para laminas que se van a colocar)	Interna
27	controlar diagonales de escalón central	Interna
28	controlar el espesor de columnas del núcleo	externa
29	colocar travesaños y aislantes	Interna
30	nivelar y cuadrar travesaños con respecto a los anteriores	Interna
31	traer pernería de amarre o tirante de núcleo	Interna
32	ajustar travesaño con pernería de amarre o tirante de núcleo	externa
33	enzunchar columnas con listonas de madera	externa
34	bajar y suspender verticalmente al núcleo	externa
35	colocar sostén de armazón	externa
36	colocar el número de OT y el código de fabricación en el travesaño de AT	externa
37	controlar la distancia vertical del travesaño inferior con respecto al yugo inferior	externa
38	aplicar resina al yugo inferior y a las columnas, hasta antes del yugo superior	externa

Fuente: Elaboración propia

Una vez clasificadas podemos observar que existen un total de 25 actividades internas y 13 actividades externas (ver tabla 15)

Tabla 15

*Consolidado de actividades armado de núcleo*

Actividad	Cantidad	Tiempo (s)
Interna	16	17688
Externa	22	16872

Fuente: Elaboración propia

#### 4.1.3.4 Fase 03: Convertir las actividades internas en externas

En esta fase se procesó se plantea la transformación de las actividades internas a externas, así como la reducción de los tiempos por actividad, tal como se muestra en la tabla 16.

Tabla 16

*Tabla de evaluación de actividades para convertirlas de internas a externas*

Ítem	Actividad	Tipo de actividad	Tipo de actividad	Tiempo (segundos)	Distancia recorrida (metros)	¿Se puede convertir a externa?	¿Se puede reducir el tiempo?
1	Traer travesaños del área de pintado	Interna	Simultanea	1200	115	Interna	Si
2	Traer aislante de núcleo del área de carpintería de aislamiento	Interna				Interna	Si
3	colocar travesaño en mesa de trabajo	Interna	Simultanea	900	0	Externa	
4	colocar aislante sobre travesaño	Interna				Externa	
5	cuadrar y nivelar travesaños	Interna	Combinada	600	0	Externa	
6	medir madera de apoyo según el travesaño	Interna	Combinada	300	0	Interna	Si
7	llevar madera de apoyo al área de carpintería para ser cortada a medida	Interna	Simultanea	600	55	Externa	Si
8	colocar maderas de apoyo al mismo nivel del travesaño	Interna				Externa	
9	colocar y nivelar escuadra de apoyo	Interna	Simultanea	300	0	Externa	
10	colocar pesas	Interna				Externa	
11	colocar tope de escalón	Interna	Combinada	600	2	Interna	No
12	Transportar laminas M4 al área del núcleo	Interna	Combinada	1930	0	Externa	Si
13	Seleccionar, acomodar, sujetar y llevar a mesa de trabajo 2 láminas M4 al área del núcleo (Actividad se repite según la necesidad de láminas del núcleo)	Interna				Externa	
14	colocar 2 láminas M4 de columna central (Actividad se repite según la necesidad de láminas del núcleo)	externa	Combinada	1930	0	Externa	Si
15	Seleccionar, acomodar, sujetar y llevar a mesa de trabajo 2 láminas M4 al área del núcleo (Actividad se repite según la necesidad de láminas del núcleo)	Interna				Externa	
16	colocar 2 láminas M4 de yugo superior (Actividad se repite según la necesidad de láminas del núcleo)	externa	Combinada	1930	0	Externa	Si
17	Seleccionar, acomodar, sujetar y llevar a mesa de trabajo 2 láminas M4 al área del núcleo (Actividad se repite según la necesidad de láminas del núcleo)	Interna				Externa	
18	colocar 2 láminas M4 yugo inferior (Actividad se repite según la necesidad de láminas del núcleo)	externa	Combinada	1930	0	Externa	Si
19	Seleccionar, acomodar, sujetar y llevar a mesa de trabajo 2 láminas M4 al área del núcleo (Actividad se repite según la necesidad de láminas del núcleo)	Interna				Externa	
20	colocar 2 láminas M4 columna lateral derecha (Actividad se repite según la necesidad de láminas del núcleo)	externa		2894	0	Externa	

21	Seleccionar, acomodar, sujetar y llevar a mesa de trabajo 2 láminas M4 al área del núcleo (Actividad se repite según la necesidad de láminas del núcleo)	Interna	Combinada	1930	0	Externa	Si
22	colocar 2 láminas M4 columna lateral izquierda (Actividad se repite según la necesidad de láminas del núcleo)	externa		2894		Externa	
23	colocar pesas	Interna	Combinada	600	0	Externa	
24	alinear laminas, centrar escalón y medir distancia entre eje y espesor	interna	Combinada	300	0	Interna	No
25	retirar tope de escalón (para laminas ya colocadas)	Interna	Combinada	120	0	Externa	
26	colocar tope de escalón (para laminas que se van a colocar)	Interna	Combinada	120	0	Externa	
27	controlar diagonales de escalón central	Interna	Combinada	300	0	Interna	
28	controlar el espesor de columnas del núcleo	externa	Combinada	120	0	Externa	
29	colocar travesaños y aislantes	Interna	Combinada	900	0	Externa	
30	nivelar y cuadrar travesaños con respecto a los anteriores	Interna	Combinada	900	0	Externa	
31	traer pernería de amarre o tirante de núcleo	Interna	Simultanea	600	110	Externa	Si
32	ajustar travesaño con pernería de amarre o tirante de núcleo	externa				Externa	
33	enzunchar columnas con listonas de madera	externa	Simultanea	600	0	Externa	
34	bajar y suspender verticalmente al núcleo	externa				Externa	
35	colocar sostén de armazón	externa	Combinada	300	0	Externa	
36	colocar el número de OT y el código de fabricación en el travesaño de AT	externa	Combinada	120	0	Externa	No
37	controlar la distancia vertical del travesaño inferior con respecto al yugo inferior	externa	Combinada	60	0	Externa	No
38	aplicar resina al yugo inferior y a las columnas, hasta antes del yugo superior	externa	Combinada	900	0	Externa	

Fuente: Elaboración propia

Tras el análisis de las actividades internas se propuso posibles soluciones las cuales impactaran directamente en el tiempo de proceso, dicho impacto fue evaluado en la fase 04.

Podemos observar que de las 19 actividades internas solo dos se pueden llevar a ser externas, sin embargo, en 10 se puede trabajar en reducir el tiempo de realización.

#### 4.1.3.5 Fase 04 : Refinar todo el proceso

En esta Fase se muestra la propuesta de solución y como impactaría en el tiempo de realización de la actividad y la distancia que se recorrería por cada actividad (Ver tabla 17).

Tabla 17

#### Refinamiento de mejora de actividades

Propuesta de mejora del proceso								
Proceso:		Armado de Núcleo normalizado 3265	Operario 01:	Eleuterio coya	Tiempo total del proceso:		23040.0	
Actividades involucradas:		Internas (preparativas) y externas (operativas)	Operario 02:	Efraín delgado	Distancia total recorrida:		12	
Elaborado por:		Bach. Enrique Zavala	Operario 03:	-	Fecha del levantamiento:		Impacto propuesto de la solución	
Ítem	Actividad	N° de operarios	Tipo de operación	Tiempo (segundos)	Interna/Externa	Propuesta de solución	Tiempo (segundos)	Distancia (Metros)
1	Traer travesaños del área de pintado	1	Simultanea	1200	Interna	Colocar una sección para travesaños en el área del núcleo	480	8
2	Traer aislante de núcleo del área de carpintería de aislamiento	1			Interna	Colocar una sección para aislantes en el área del núcleo		
3	colocar travesaño en mesa de trabajo	1	Simultanea	900	Externa	-	900	0
4	colocar aislante sobre travesaño	1			Externa	-	0	
5	cuadrar y nivelar travesaños	2	Combinada	600	Externa	-	600	0
6	medir madera de apoyo según el travesaño	2			Interna	Comprar mesas de trabajo más funcionales	0	0
7	llevar madera de apoyo al área de carpintería para ser cortada a medida	1	Simultanea	600	Externa	Comprar mesas de trabajo más funcionales	0	0
8	colocar maderas de apoyo al mismo nivel del travesaño	1			Externa		0	0
9	colocar y nivelar escuadra de apoyo	1	Simultanea	300	Externa	-	0	0
10	colocar pesas	1			Externa	0	0	
11	colocar tope de escalón	1	Combinada	600	Externa	-	0	0
12	Transportar laminas M4 al área del núcleo	1			Externa	0	0	
		2	Combinada	600	Interna	-	600	2

13	Seleccionar, acomodar, sujetar y llevar a mesa de trabajo 2 láminas M4 al área del núcleo (Actividad se repite según la necesidad de láminas del núcleo)	2	1930	Externa			0
					Combinada	Comprar una maquina cortadora que realice mayores cortes 5 láminas) y más estándar	3000
14	colocar 2 láminas M4 de columna central (Actividad se repite según la necesidad de láminas del núcleo)	2	2894	Externa			0
15	Seleccionar, acomodar, sujetar y llevar a mesa de trabajo 2 láminas M4 al área del núcleo (Actividad se repite según la necesidad de láminas del núcleo)	2	1930	Externa			0
					Combinada	Comprar una maquina cortadora que realice mayores cortes 5 láminas) y más estándar	3000
16	colocar 2 láminas M4 de yugo superior (Actividad se repite según la necesidad de láminas del núcleo)	2	2894	Externa			0
17	Seleccionar, acomodar, sujetar y llevar a mesa de trabajo 2 láminas M4 al área del núcleo (Actividad se repite según la necesidad de láminas del núcleo)	2	1930	Externa			0
					Combinada	Comprar una maquina cortadora que realice mayores cortes 5 láminas) y más estándar	3000
18	colocar 2 láminas M4 yugo inferior (Actividad se repite según la necesidad de láminas del núcleo)	2	2894	Externa			0
19	Seleccionar, acomodar, sujetar y llevar a mesa de trabajo 2 láminas M4 al área del núcleo (Actividad se repite según la necesidad de láminas del núcleo)	2	1930	Externa			0
					Combinada	Comprar una maquina cortadora que realice mayores cortes 5 láminas) y más estándar	3000
20	colocar 2 láminas M4 columna lateral derecha (Actividad se repite según la necesidad de láminas del núcleo)	2	2894	Externa			0
21	Seleccionar, acomodar, sujetar y llevar a mesa de trabajo 2 láminas M4 al área del núcleo (Actividad se repite según la necesidad de láminas del núcleo)	2	1930	Externa			0
					Combinada	que realice mayores cortes 5 láminas) y más estándar	3000
22	colocar 2 láminas M4 columna lateral izquierda (Actividad se repite según la necesidad de láminas del núcleo)	2	2894	Externa			0
23	colocar pesas	2	600	Externa		-	600
24	alinear laminas, centrar escalón y medir distancia entre eje y espesor	2	300	Interna		-	300
25	retirar tope de escalón (para laminas ya colocadas)	-	-	-		-	-

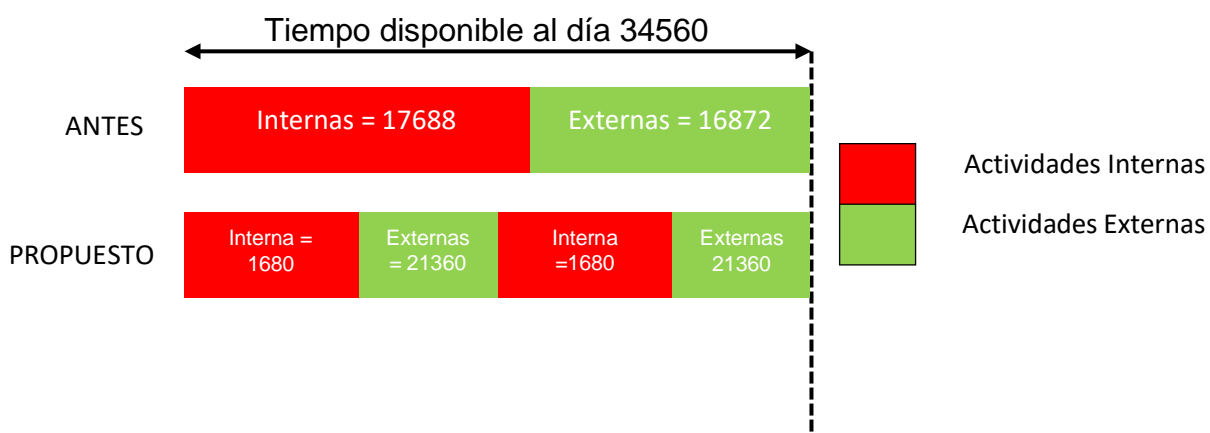


26	colocar tope de escalón (para laminas que se van a colocar)	2	Combinada	120	Externa	-	120	0
27	controlar diagonales de escalón central	2	Combinada	300	Interna	-	300	0
28	controlar el espesor de columnas del núcleo	2	Combinada	120	Externa	-	120	0
29	colocar travesaños y aislantes	2	Combinada	900	Externa	-	900	0
30	nivelar y cuadrar travesaños con respecto a los anteriores	2	Combinada	900	Externa	-	900	0
31	traer pernería de amarre o tirante de núcleo	1	Simultanea	600	Externa	Colocar una sección para pernería en el área del núcleo	300	2
32	ajustar travesaño con pernería de amarre o tirante de núcleo	1			Externa			
33	enzunchar columnas con listonas de madera	1	Simultanea	600	Externa	-	600	0
34	bajar y suspender verticalmente al núcleo	2			Externa			
35	colocar sostén de armazón	2	Combinada	120	Externa	-		0
36	colocar el número de OT y el código de fabricación en el travesaño de AT						300	
37	controlar la distancia vertical del yugo inferior	2	Combinada	60	Externa	Realizar en paralelo a la colocación del sostén del armazón		0
38	aplicar resina al yugo inferior y a las columnas, hasta antes del yugo superior	2	Combinada	900	Externa	-	900	0

Fuente: Elaboración propia

Podemos observar que el tiempo de operación en el armado de núcleo se reduciría hasta 23040 segundos con la propuesta de aplicación de la herramienta SMED, este tiempo es estimado tras la evaluación del trabajo de la herramienta SMED y podría tener leves diferencias de resultado en la implementación a la realidad.

Sin embargo, en el Figura 11, podemos observar la reducción del tiempo de operación en ambas situaciones, el método actual con el método propuesto tras la aplicación de la herramienta SMED.



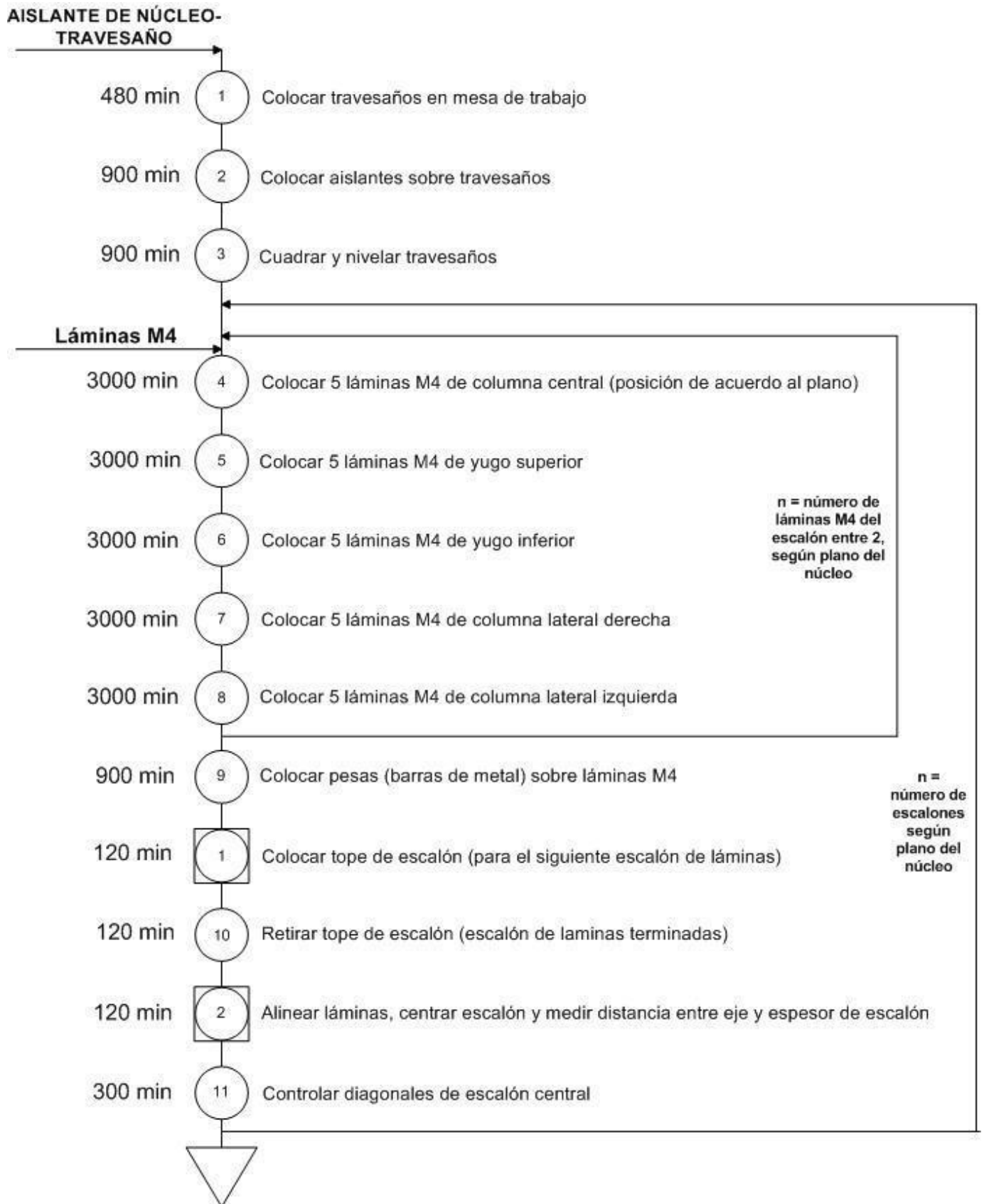
*Figura 11.* Tiempo de fabricación de núcleo antes y tiempo propuesto

Fuente: Elaboración propia

#### 4.1.3.6 Fase post aplicación: Estandarizar

La Fase post aplicación es la estandarización del método para seguir con la reducción del tiempo en las actividades tanto internas como externas, a través del proceso de mejora continuara dándose en las actividades del armado del núcleo.

## 4.2 DOP mejorado



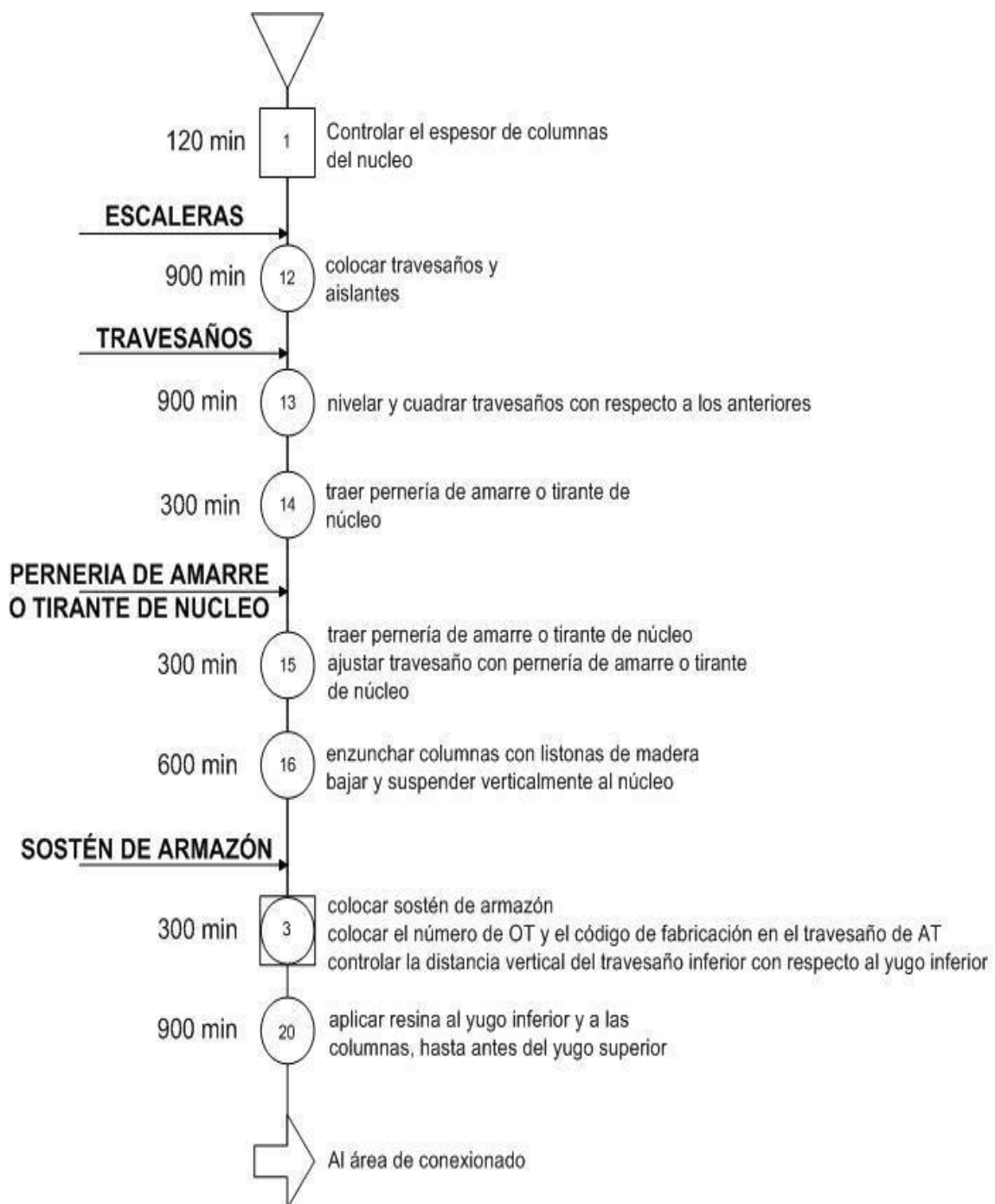


Figura 12. DOP mejorado

Fuente: Elaboración propia

#### 4.3 Evaluación de la propuesta

Para realizar la evaluación económica y financiera de la implementación de la herramienta SMED, se recurrió hacer una estimación del beneficio en los que incurrirá la empresa Delcrosa S.A. durante el año 0 (2018). Además, se verá los costos de formación del personal y los materiales necesarios, para posteriormente llevar a cabo cada una de las 4 fases.

Asimismo, se estimó el beneficio en dólares que se generaría una vez implementada dicha herramienta, tomando en consideración lo siguiente:

- El costo de la mano de obra en Delcrosa S.A es 16 USD
- El tiempo para el armado del núcleo es de 34560 (9.6 horas), antes de la implementación de la herramienta
- El tiempo propuesto para el armado del núcleo, luego de la implementación de la herramienta es de 23040 segundos (6.4 horas)
- El tipo de cambio es de 3.5 Soles/USD
- Se tomará en cuenta el tiempo de fabricación del núcleo con código: 3265 (Estándar)
- Se tomará como supuesto un crecimiento del 06% de la producción de núcleos en los próximos 7 años, debido a que la capacidad de producción propuesto se incrementará hasta los 30 núcleos, siendo el crecimiento para el año 7 de 30 núcleos al mes.

A partir de estos puntos, se realizó la evaluación económica y financiera para un periodo de 7 años y se analizó bajo el análisis de las herramientas financieras VAN (Valor actual neto), TIR (Tasa interna de retorno) y Beneficio/Costo.

Para ello, en base a estudios anteriores se consideró una tasa de retorno de capital igual a 20%. Esta es la ganancia mínima que esperan recibir los accionistas como utilidad del dinero que puedan invertir en Delcrosa S.A.

#### 4.3.1 Costos de la implementación de la herramienta SMED

Los costos propuestos para la aplicación de la herramienta SMED están relacionados a los costos generados por la capacitación del equipo de trabajo, así como de las mejoras que se puedan implementar.

##### 4.3.1.1 Costo de capacitación del equipo SMED

Para la estimación de los costos de capacitación del equipo SMED, detallada en la tabla 18, se tomó en cuenta el costo por persona (USD) de realizar la capacitación sobre la herramienta SMED en 4 días, teniendo 3 horas de capacitación al día, en un total de 12 horas para 7 personas (1 ingeniero encargado, 2 operarios de máquina, 2 técnicos de mantenimiento, 1 supervisor y 1 responsable de gerencia). Asimismo, se consideró el monto que se le tendría que retribuir a los trabajadores durante esas horas de formación, además del costo de un supervisor que inspeccionará la correcta implementación de la herramienta durante los 4 meses estimados. En la tabla 19, se especifican la cantidad y el precio unitario de cada uno de los materiales requeridos:

Tabla 18

##### *Costos de la capacitación del personal*

Personal	Cantidad	Horas	Total, horas	Precio de Mano de obra	Total (USD)
Ingeniero Encargado	1	12	12	16	\$ 192.00
Operario 1	2	12	24	16	\$ 384.00
Técnico de mantenimiento 1	2	12	24	16	\$ 384.00
Supervisor	1	12	12	16	\$ 192.00
Responsable de gerencia	1	12	12	16	\$ 192.00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 19

*Costos de los materiales requeridos*

Ítem	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Total (S/)	Total (USD)
Papel	2	Millares	25	50	\$14.29
Lapiceros	10	Unidad	1	10	\$ 2.86
Videocámara	1	Unidad	800	800	\$ 228.57
Tarjeta de memoria	1	Unidad	50	50	\$ 14.29

Fuente: Elaboración propia

Se dé termina que el costo de capacitaciones asciende a \$1,604.00

4.3.1.2 Costo de implementación de mejoras

Tabla 20

*Costo de mejoras propuestas*

Sección de travesaños			Total
Pintura	1	15	\$ 15.00
Señalización	4	5	\$ 20.00
Sección para aislantes			Total
Pintura	1	15	\$ 15.00
Señalización	4	5	\$ 20.00
Mesas de trabajo más funcionales			Total
Mesa de armado de núcleo	1	15.000	\$ 15,000.00
Maquina cortadora			Total
Cortadora de fleje magnético	1	100,000	\$ 100,000.00
Sección de pernería			Total
Pintura	1	15	\$ 15.00
Señalización	4	5	\$ 20.00
Andamio clasificador	1	200	\$ 200.00
<b>Costo total de mejoras en el área de armado de núcleo</b>			<b>\$ 115,305.00</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 21

*Costos propuestos de la implementación*

Actividad	Costo
Capacitaciones	\$ 1,604.00
Mejoras del área	\$ 115,305.00
<b>Total</b>	<b>\$ 116,909.00</b>

Fuente: Elaboración propia

#### 4.3.2 Ahorros por la implementación de la herramienta SMED

##### 4.3.2.1 Antes de la implementación

Para la estimación de los costos generados antes de la implementación de la herramienta SMED, se tomó en consideración la información proporcionada por la empresa, respecto al tiempo de armado de los núcleos por tipo. Como se mencionó anteriormente, este es de 9.6 horas en promedio (Tabla 22).

En la tabla 23 se muestran los costos totales, dados los tiempos de armado y considerado el costo de la mano de obra de 16 USD.

Tabla 22

*Tiempos de armado de núcleo (horas - hombre)*

Tipos	3265
Procesos / Potencia KVA	800
Tiempo (horas hombre)	9.6

Fuente: Elaboración propia

Tabla 23.

*Costo total de armado de núcleo (USD)*

Tipos	3265
Procesos / Potencia KVA	800
Costo total (USD)	153.6

Fuente: Elaboración propia



#### 4.3.2.2 Después de la implementación

Posteriormente, para la estimación de los ahorros generados, el resultado de la propuesta de aplicación de la herramienta SMED dio que el tiempo de armado de núcleo se reduciría en 6.4 horas, luego de la implementación de la herramienta (Tabla 24). Con el cual, se calculó los costos totales en la tabla 25, manteniendo fijo el costo de la mano de obra igual a 16 USD.

Tabla 24

*Tiempos de armado de núcleo (horas - hombre)*

<b>Tipos</b>	<b>3265</b>
Procesos / Potencia KVA	800
Tiempo (horas hombre)	6.4

Fuente: Elaboración propia

Tabla 25

*Costo total de armado de núcleo (USD)*

<b>Tipos</b>	<b>3265</b>
Procesos / Potencia KVA	800
Costo total (USD)	102.4

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, con la información detallada en la tabla 25, referente a la producción de núcleo por tipo, se calculó el ahorro total antes y el propuesto después de la implementación, cuya diferencia da como resultado el ahorro generado en la fabricación de núcleos (Tabla 26).

Tabla 26

*Ahorro generado por núcleo (2018)*

Tipo	3265
Costo del proceso de armado de núcleo (antes)	3,072
Costo del proceso de armado de núcleo (después)	2,048
<b>Ahorro</b>	<b>1,024</b>

Fuente: Elaboración propia

4.3.2.3 Flujo de caja de la implementación y análisis

Después de haber realizado el análisis del costo de implementación de la herramienta SMED, así como de los ahorros generados, se procedió a realizar en la tabla 27 el crecimiento proyectado con la propuesta de aplicación del SMED, en la tabla 28 se detalla el flujo de caja, proyectado a siete años, en dónde se toma en cuenta el beneficio que generaría la herramienta SMED para la Delcrosa S.A.

Tabla 27

*Crecimiento proyectado con la propuesta SMED*

<b>Precio de venta</b>	\$	15,000.00			
<b>Costo por transformador</b>	\$	12,000.00			
<b>Crecimiento</b>		1.06			
Año	Cantidad	Ingreso	Costos	Ganancia	
0	20	\$ 300,000.00	\$ 240,000.00	\$ 60,000.00	
1	21	\$ 318,000.00	\$ 254,400.00	\$ 63,600.00	
2	22	\$ 337,080.00	\$ 269,664.00	\$ 67,416.00	
3	24	\$ 357,304.80	\$ 285,843.84	\$ 71,460.96	
4	25	\$ 378,743.09	\$ 302,994.47	\$ 75,748.62	
5	27	\$ 401,467.67	\$ 321,174.14	\$ 80,293.53	
6	28	\$ 425,555.73	\$ 340,444.59	\$ 85,111.15	
7	30	\$ 451,089.08	\$ 360,871.26	\$ 90,217.82	

Fuente: Elaboración propia con datos de la empresa DELCROSA S.A

Tabla 28

*Flujo de caja de la implementación proyectado*

Periodo	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3
Ahorros	\$ 60,000.00	\$ 63,600.00	\$ 67,416.00	\$ 71,460.96
Costos	\$ 116,909.00			
<b>Flujo neto</b>	<b>\$ -116,909.00</b>	\$ 63,600.00	\$ 67,416.00	\$ 71,460.96
Periodo	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7
Ahorros	\$ 75,748.62	\$ 80,293.53	\$ 85,111.15	\$ 90,217.82
Costos				
<b>Flujo neto</b>	<b>\$ 75,748.62</b>	<b>\$ 80,293.53</b>	<b>\$ 85,111.15</b>	<b>\$ 90,217.82</b>

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 29, se puede observar que la rentabilidad generada al implementar la herramienta SMED es alta, así lo evidencia la TIR de 57%, el cual supera al costo de oportunidad de capital de la empresa Delcrosa S.A. que se asumió igual a 20%. Esto quiere decir que el proyecto es económicamente el proyecto es viable. Además, el B/C generado por la implementación es 1.26, esto significa que, por cada dólar invertido, se obtiene un retorno de 26%. Finalmente, el VAN calculado es mayor que cero, lo cual indica que el proyecto es rentable económicamente.

Tabla 29

*Resultados de las herramientas financieras*

Herramienta financiera	Resultado
VAN	\$ 146,742.25
TIR	57%
C/B	1.26

Fuente: Elaboración propia

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

- Se espera que con la propuesta de mejora en el proceso de armado de núcleo (estandarización del método de trabajo y los tiempos de cada actividad) incremente la producción de la empresa DELCROSA de 20 núcleos a 30 núcleos al mes.
- A partir de la situación actual del proceso de armado de núcleo de la empresa se evidencio que existe deficiencia en la maquinaria, falta de capacitación en el personal, proceso de armados extensos y excesivos de horas extras. Los principales indicadores del proceso de armado de núcleo en la fabricación de los transformadores fueron la eficiencia (hora hombre producida/hora hombre disponible) con el 90%, eficacia (núcleos producidos/ núcleos planeados) con el 92% y finalmente la productividad con el 82.5%.
- La propuesta de mejora en el proceso de armado de núcleo en la fabricación de transformadores está conformada de la siguiente manera:
  - ✓ Presentación de la metodología SMED a través del grupo especializado en la herramienta, donde se delegará las funciones, responsabilidades y objetivos.
  - ✓ Incorporación de las fases de la metodología SMED:
    - Fase 01: Análisis situacional del proceso de armado de núcleo, donde se descriptivo y tomo los tiempos de cada actividad en el proceso.
    - Fase 02: Clasificación de las actividades internas y externas, encontrando 16 actividades internas y 22 externas, con un tiempo de 176800 y 16872 segundos respectivamente.

- Fase 03: Conversión de actividades internas a externas. Para ello se propuso posibles soluciones las cuales impactaran directamente en el tiempo de proceso.
  - Finalmente, la fase 04: Refinar todo el proceso: consistió en mejorar el método de trabajo y los tiempos de cada actividad reduciendo las actividades que no generan un valor al proceso. Asimismo, se elaboró el DOP mejorado reduciendo el tiempo de fabricación de 9.6 horas a 6.4 horas.
- La evaluación económica de la propuesta de mejora en un horizonte temporal de 7 años es viable y rentable. Dado que la TIR es superior al costo de capital de la empresa, el VAN es positivo y el Beneficio/Costo calculado señala que por cada dólar que se invierta en la implementación, se obtiene un retorno de 26%. Por lo tanto, al implementar esta herramienta en el proceso de armado del núcleo de los transformadores de la empresa Delcrosa S.A., el ahorro en el tiempo (horas hombre) justifica los costos en los que incurrirá y permitirá incrementar su productividad, el ahorro por mano de obra, e ingresos por una cantidad mayor de núcleos fabricados.

#### Recomendaciones

- En primera instancia se recomienda no solo implementar la herramienta SMED en el proceso de armado de núcleo, si no en todos los procesos involucrados en la fabricación de los transformadores como: corte, montaje de bobinas y conexiónado, pruebas eléctricas, control de calidad de los transformadores, etc.
- Durante la etapa del diagnóstico se identificaron problemas con la maquinaria, falta de capacitación, situación que genera tiempos elevados en el proceso de armado de núcleo. Se recomienda el mantenimiento continuo de la maquinaria, asimismo la capacitación constante en herramientas de mejora continua en el personal encargado, de esta manera ayudará a que cuando se presente

algunos problemas, estos puedan ser detectados a tiempo y así poder aplicar las correcciones debidas.

- La mejora de los indicadores como la eficiencia, eficacia y productividad, está ligado a la capacidad de los trabajadores de realizar más de una actividad con la misma habilidad y al trabajo en grupo. Por lo tanto, se recomienda el entrenamiento al personal operativo para el desarrollo de nuevas operaciones, así como la revisión constante de tiempos estándares y la evaluación de nuevos métodos de trabajo.
- Se recomienda a la empresa complementar la propuesta de mejora con otras herramientas como: el mantenimiento productivo total, la filosofía 5s y otras herramientas de ingeniería como son el estudio del trabajo con la finalidad de mejorar los procesos de la organización.
- Se recomienda promover la realización de estudios de investigación relacionados con el tema, con la finalidad de encontrar la mejora en los principales indicadores como son la eficiencia, eficacia y productividad.

## BIBLIOGRAFÍA

### Fuente bibliográfica

- Baca, G., Cruz, M., Cristóbal, M., Baca, G., Gutiérrez, J., Pacheco, A., *et al.* (2014). *Introducción a la ingeniería industrial*. Tihuaca-Mexico. 2da Edición. Grupo editorial PATRIA S.A.
- Collier, D y James, E. (2009). *Administración de Operaciones Bienes, Servicios y Cadena de valor*. 2da Edición. México: Cengage Learning Inc.
- Gutiérrez, H. (2010). *Calidad total y productividad*. 3ª ed. México: McGraw Hill. pp.383
- Gutiérrez, H., y Vara, R. (2009). *Control estadístico de calidad y seis sigma*. 2da Edición. México Editorial: McGraw-Hill/Interamericana.
- Valderrama, S. (2015). *Pasos para elaborar proyectos de investigación científica: cuantitativa, cualitativa y mixta*. 5ª ed. Lima, Perú: San Marco E.I.R.L

### Fuente Electrónica

- Alegre, A. (2017). *Implementación de un plan de mejora continua en el área de ensamblaje para incrementar la productividad de la empresa INDAL SRL, SJL, 2016*. (Tesis de grado). Universidad César Vallejo. Lima, Perú.
- Sheikh, A., Abdi, Ali, A., y Ali, Adan, A. (2013). Working conditions and employees' productivity in manufacturing companies in sub-Saharan African context: Case of Somalia. Educational Research International, 67-78. Recuperado de: <http://bit.ly/2X6xL5c>
- Antonio, R., y Díaz, J. (2008). *Optimización aplicada al diseño y cálculo de un transformador de distribución*. (Tesis de grado). Instituto Politécnico Nacional. México.
- Aponte, J. (2017). *Aplicación del TPM para mejorar la productividad en el proceso de fabricación transformadores de la empresa Promotores*

*Eléctricos S.A, Independencia 2017.* (Tesis de grado). Universidad César Vallejo. Lima, Perú.

- Arango, M., Campuzano, L., Zapata J. (2016). Mejoramiento de procesos de manufactura utilizando Kanban. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín de Medellín.* 14(27) pp 221 – 224. Recuperado de: <http://bit.ly/2ZInJBF>
- Ardila, J., Ardila, M., Rodríguez, D., Hincapié, D. (2016). La gerencia del mantenimiento: una revisión, *Dimensión Empresarial.* 14(2), 127-142. Recuperado de: <http://bit.ly/2U9LEif>
- Basilio, M., Robledo, J., Soto, G. (2015). *Descripción Técnica del procedimiento Normativo para efectuar el Mantenimiento Preventivo a Transformadores de Distribución* (Tesis de pregrado) Recuperado de <http://bit.ly/30ogR3D>
- Callo, P. (2017) *Propuesta de mejora para aumentar la productividad basado en un estudio de tiempos y determinación del tiempo estándar de la línea de producción de vidrio insulado en la corporación vidrio Glass.* [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional de San Agustín. Arequipa - Perú.
- Carro, R., González (2012). Productividad y competitividad. Recuperado de: <http://bit.ly/2Zv1EMK>
- Céspedes, N., Lavado, P., Ramírez, N. (2016). *Productividad en el Perú: medición, determinantes e implicancias.* Lima: Universidad del Pacífico. Recuperado de: <http://bit.ly/2YLfieQ>
- Comisión Electrónica Internacional (2016). IEC 60076 (1 de enero de 1997): Los transformadores de potencia Recuperado de: <https://bit.ly/2FPj0wc>
- Di Stefano, V., y Alderete, V. (2004). *La gestión a partir de la productividad. Medición y mejora en distintas organizaciones.* XXVII congreso argentino de profesores universitarios de costos. Argentina. pp. 19. Recuperado de: <https://bit.ly/2lbmCeH>
- Diario Gestión (11 de abril de 2014). *BBVA Research: "Fuerte avance de la productividad en la industria peruana mantuvo estable los costos laborales".* Cochabamba- Bolivia Recuperado de: <https://bit.ly/2FUFxJ2>



- Espin, F. (2013). *Técnica SMED. Reducción del Tiempo Preparación*. ciencias. pp. 2, 5-8. Recuperado de: <http://bit.ly/2Lvo66T>
- Fernández, I., González, P., Puente, J. (1996). *Diseño y medición de trabajos*. Recuperado de: <https://bit.ly/2FX4q75>
- Formento H. (2012). *SIPOC- Una alternativa para el análisis de procesos: Mapeo de procesos*. Recuperado de: <http://bit.ly/2Ja9SWR>
- Frankel, M., y Kendrick, J. (14 de Setiembre de 2018). *Encyclopedia Britannica*. Recuperado de: <http://bit.ly/2VZtl3m>
- García, J., Romero, J., Noriega, S. (2011). El existo del mantenimiento productivo total y su relación con los factores administrativos. *Contaduria y Administración*, 50(4), 173-196.
- García, R. (2011). *Estudio del trabajo*. Recuperado de: <https://bit.ly/1EpiUJL>
- Guerrero, J., López, D., Díaz, E. (2016). *Modelo físico de una célula de manufactura, aplicado a un caso de estudio*. Investigación, Tecnología y Ciencia.
- Gutarra, F. (2015). *Introducción a la Ingeniería Industrial*. Lima- Perú: Fondo Editorial de la Universidad Continental. Recuperado de: <https://bit.ly/2OLR5Bb>
- Gutiérrez, A. (2013). *Análisis y propuesta de mejora de la organización comercial de una empresa de venta de productos infantiles de ocio*. (Tesis de grado). Universidad Carlos III de Madrid. España.
- NTP 370.400:2013. (26 de diciembre de 2013). Transformadores de distribución monofásicos y trifásicos auto refrigerados, sumergidos en líquido aislante. Corriente en vacío, pérdidas y tensión de corto circuito. Recuperado de: <https://bit.ly/2VjILMN>
- IRAM (2016). Norma IRAM sobre transformadores de distribución, Recuperado de: <https://bit.ly/2lbAR2Y>
- Izquierdo D., Nieto S. (2013) *Implementación de un sistema de mejora continua Kaizen aplicado a la línea automotriz en una industria metalmecánica del Norte del Cauca*. [Tesis de pregrado]. Universidad de San Buenaventura Cali Santiago de Cali -Colombia.

- Jaramillo, A., y López, S. (2012). *Propuesta de mejoramiento de procesos productivos para empresas metalmecánicas caso: Productos Confort S.A.* (Tesis de grado). Escuela de Ingeniería de Antioquia. Colombia.
- Kompaso, S., y Sridevi, M. (2010). Employee engagement: The key to improving performance. *International Journal of Business and Management*, 89.
- Kumar, S., Duhan, M., Haleem, A. (2016). Evaluation of factors important to enhance. *Cogent Engineering*, 1-13. Recuperado de: <http://bit.ly/2X3l1uR>
- Leblebici, D. (2012). Impact of workplace quality on employee's productivity: case study of a bank in Turkey. *Journal of Business Economics and Finance*, 38-49. Ecuperado de: <http://bit.ly/30GFUiK>
- López, J. (2013). Productividad. Recuperado de: <http://bit.ly/30AXqok>
- Maldonado J. (13 de diciembre de 2017). *Gestión de procesos*. Honduras. pp.225.. Recuperado de: <https://bit.ly/2lfMmXv>
- MAPAL. (23 de Enero de 2017). Factores de productividad clave. Recuperado de <https://bit.ly/2xln3g7>
- Marvel, M., Rodríguez, C., Núñez, M. (2011). La productividad desde una perspectiva humana: Dimensiones y factores. *Intangible Capital*, 7(2), 549-584. RecuperadO de: <https://bit.ly/2i58Muf>
- Niebel, B., Freivalds A. (2009). *Ingeniería Industrial Métodos, estándares y diseño de trabajo*. Editorial McGraw Hill. México D.F. Recuperado de: <http://bit.ly/2Ev1rkW>
- Organización Internacional del Trabajo. (2016). *Mejore su negocio (MESUN). El recurso humano y la productividad*. Ginebra: Creative Commons. Recuperado de: <http://bit.ly/2YK4MV5>
- Ospina, J. (2016). *Propuesta de distribución de planta para aumentar la productividad en una empresa metalmecánica en ate Lima, Perú*. Universidad San Ignacio de Loyola. Lima, Perú.
- Pérez, J. (2004). *Gestión por procesos: cómo utilizar ISO 9001:2000 para mejorar la gestión de la organización*. Recuperado de: <http://bit.ly/2HC9HC1>

- Pérez, J., La Rotta, D., Sánchez, K., Madera, Y., Restrepo, M., et al. (2011). *Identificación y caracterización de mudas de transporte, procesos, movimientos y tiempos de espera en nueve pymes manufactureras incorporando la perspectiva del nivel operativo*. Rev. chil. Ing. 19(3). Recuperado de: <https://bit.ly/2YMIL93>
- Presidencia de Consejo de Ministros (2015). Documento orientador: metodología para la implementación de la gestión por procesos en las entidades de la administración pública en el marco del d.s. n° 004-2013-pcm – política nacional de modernización de la gestión pública. Recuperado de: <https://bit.ly/2TUR7b4>
- Puga, D. (2010). The magnitude and causes of agglomeration economies . *Journal of Regional Science*, 203-209. Recuprado de: <http://bit.ly/2JF9MXJ>
- Rajadell, M., Sanchez, J. (2010). Lean Manufacturing. La evidencia de una necesidad. Recuperado de: <https://bit.ly/2FYAvLL>
- Rey, F. (2001). *Mantenimiento total de la producción (TPM): Proceso de implantación y desarrollo*. Recuperado de: <https://bit.ly/2Uf8SHb>
- Reyes, P. (2007). *Manufactura Lean: conceptos y Métodos*. Material de enseñanza. Recuperado de: <http://bit.ly/304H1Zp>
- Sánchez, N. (2014). Introducción a la Ingeniería Industrial. Universidad Nacional Abierta. Caracas. Recuperado de: <http://bit.ly/2YK4MV5>
- Tapia, J., Escobedo, T., Barrón, E., Martínez, G., Ortega, V. (2017). Marco de referencia de la aplicación de manufactura esbelta en la industria. *Ciencia & Trabajo*. 60(19), 171-178.
- Tejena, R. (2014). *Modelo de gestión por procesos para el Área de Pediatría del Hospital Regional de Portoviejo Dr. Verdi Cevallos Balda*. (Tesis de Maestría). Universidad Técnica Particular de Loja. Área Administrativa. Loja, Ecuador.
- Torres, C. (2014). *Orientaciones para implementar una gestión basada en procesos*. Recuperado de: <http://bit.ly/2WmP4Sf>
- Vargas, Z. (2009). *La investigación aplicada: Una forma de conocer las realidades con evidencia científica*. Educación, 33(1), 155-165.

## ANEXOS

### Anexo N°1. Encuesta al personal de la empresa DELCROSA

Buenos días/tardes el presente cuadro tiene como objetivo determinar cuál es el proceso crítico en la empresa, para ello Ud, responderá ¿Cuál de los siguientes procesos que, durante el último año, ha generó mayor dificultad o cuello de botella? Asignara un puntaje del 1 al 5, donde 1 es considera como menos grave y 5 como más grave en cada uno de los criterios.

Proceso	Criterios de selección			Observación
	Tiempo	Costo	Impacto	
<b>Bobinado</b>				
Fabricación de bobinas.				
<b>Carpintería de aislamiento</b>				
Fabricación de aislamiento interno del transformador.				
<b>Construcciones metálicas</b>				
Fabricación de tapa y tanque del transformador.				
<b>Núcleo</b>				
Corte.				
Armado de núcleo.				
<b>Montaje y conexionado</b>				
Montaje de bobinas y conexionado de parte activa.				
<b>Pruebas</b>				
Pruebas eléctricas.				
Control de calidad de los transformadores.				
<b>Pintura</b>				
Pintado y granallado de partes.				
Pintado y granallado de accesorios.				
Pintado y granallado de transformadores.				
<b>Acabados</b>				
Acabado general de los transformadores.				

Anexo N°2. Ficha de recolección de datos

Ficha de recolección de datos		
Elaborado por:	Fecha:	
Problema	Frecuencia	Total
La mesa de trabajo dificulta el preparado del nivelado del núcleo		
el preparado de las láminas para aplicar tarda porque no son uniformes		
La preparación y traslado de aislantes se encuentra muy lejos del área de nucleó		
El corte de la lámina no permite apilar más de dos laminas a la vez		
La preparación y traslado de los travesaños se encuentra muy lejos del área de nucleó		
El área no se encuentra bien iluminada		
La preparación y traslado de carpintería se encuentra lejos del área de nucleó		
Estoca no disponible para transporte		
Método de trabajo no estandarizado		
Personal con falta de capacitación		
Herramientas faltantes		
Aislantes no están preparados para el trabajo		
Travesaños no coinciden con la OT		
Falta de resina		
Falta de material para apilado		

### Anexo N°3. Levantamiento de la información

Levantamiento de la información					
Proceso :	Armado de Núcleo normalizado 3265	Operario 01:	Eleuterio coya	Tiempo total del proceso:	
Actividades involucradas :	Internas (preparativas) y externas (operativas)	Operario 02:	Efraín delgado	Distancia total recorrida:	
Elaborado por:	Bach. Enrique Zavala	Operario 03:	-	Fecha del levantamiento:	
Ítem	Actividad		N° de operarios	Tiempo (segundos)	Distancia recorrida (metros)

#### Anexo N°4. Matriz de consistencia

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
<p><b>Problema General</b></p> <p>¿Cómo la propuesta de mejora en el proceso de armado de núcleo incrementará la productividad en la fabricación de transformadores de la empresa DELCROSA S.A. durante el 2018?</p> <p><b>Problemas Específicos</b></p> <p>¿Cuál es la situación actual del proceso de armado de núcleo en la fabricación de transformadores de la empresa DELCROSA S.A. durante el 2018?</p> <p>¿Cuál es la herramienta de ingeniería propuesta para mejorar el armado de núcleo e incrementar la fabricación de transformadores de la empresa DELCROSA S.A. durante el 2018?</p> <p>¿La propuesta de mejora es viable económicamente?</p>	<p><b>Objetivo General</b></p> <p>Determinar cómo la propuesta de mejora en el proceso de armado del núcleo incrementará la producción de transformadores de la empresa DELCROSA S.A. durante el 2018</p> <p><b>Objetivos Específicos</b></p> <p>Determinar la situación actual del proceso de armado de núcleo en la fabricación de transformadores de la empresa DELCROSA S.A. durante el 2018.</p> <p>Determinar cómo la herramienta de ingeniería propuesta mejora el proceso de armado del núcleo e incrementará la producción de transformadores de la empresa DELCROSA S.A. durante el 2018.</p> <p>Realizar el análisis de viabilidad económica de la propuesta</p>	<p><b>Hipótesis General</b></p> <p>La propuesta de mejora en el proceso de armado del núcleo incrementará la producción de transformadores de la empresa DELCROSA S.A. durante el 2018</p> <p><b>Hipótesis Específicos</b></p> <p>Analizando la situación actual del proceso de armado de núcleo se mejora la fabricación de transformadores de la empresa DELCROSA S.A.</p> <p>La herramienta de ingeniería propuesta mejora el proceso de armado del núcleo e incrementa la producción de transformadores de la empresa DELCROSA S.A. durante el 2018.</p> <p>La propuesta de mejora en el proceso de armado del núcleo es económicamente viable</p>	<p><b>Variables de estudio</b></p> <p><b>Variable 1</b></p> <p>Propuesta de mejora del armado de núcleo</p> <p><b>Variable 2</b></p> <p>Productividad</p>	<p><b>Tipo y Diseño de Investigación</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Aplicada</li> <li>- Analítico</li> <li>- Prospectivo</li> </ul> <p><b>Población y muestra</b></p> <p>-10 colaboradores de las distintas áreas de la empresa DELCROSA S.A.</p> <p><b>Técnica e instrumento</b></p> <p>-Técnica: La encuesta y el análisis documental</p>