

# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Industrial

“RELACIÓN DE LOS PROCESOS DE REENCAUCHE Y CUMPLIMIENTO DE ÓRDENES DE PRODUCCIÓN EN UNA EMPRESA REENCAUCHADORA DE RODILLOS, AÑO 2020”

Tesis para optar el título profesional de:

**Ingeniero Industrial**

**Autores:**

Fernando Andre Otero Zarate  
Geraldine Margoth Jara Nuñez

**Asesor:**

Mg. Alfredo Fernando Temoche López  
<https://orcid.org/0000-0002-5130-5694>

Lima - Perú

**JURADO EVALUADOR**

Jurado 1 Presidente(a)	Juan Carlos Durand Porras	09953115
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	Alejandro Ortega Saco	07640732
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	Roberto Antonio Encarnación Sotelo	10747874
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

## DEDICATORIA

Deseo dedicar esta presente tesis en primera instancia a mi madre, que día a día me demuestra una y otra vez el amor incondicional que me tiene, a mi padre por los conocimientos impartidos y el apoyo económico en mis estudios, a mi hermana por ser mi compañía en todo momento y por último, pero no menos importantes a Dios, por ser la fortaleza y guía que me mantuvo en pie hasta el fin de mi etapa universitaria.

Les doy gracias a cada uno de ellos por ser parte de mi vida, por ustedes he cumplido uno de mis sueños en este largo camino por recorrer llamado vida.

**Atte. Fernando Otero**

Dedico mi tesis a Dios quien ha sido mi guía, fortaleza y padre espiritual con mi persona, por darme la fuerza necesaria para poder soportar y lidiar con las diferentes adversidades que se me han presentado en el transcurso de la carrera profesional.

A mis padres y hermana por sus consejos en los momentos que requerí de su ayuda, que con su amor, paciencia y esfuerzo me ha permitido llegar a cumplir hoy un sueño más en este largo camino por recorrer, gracias a cada uno de ellos, que me inculcaron un ejemplo de esfuerzo y valentía, de no temer las adversidades de la vida, porque Dios es la luz en el camino.

**Atte. Geraldine Jara**

## AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi gratitud a Dios y a mis padres; y mi total agradecimiento a la empresa donde hemos realizado nuestra investigación; además, a la Universidad Privada del Norte por darme los conocimientos y valores necesarios para mi crecimiento ético y profesional. Asimismo, a nuestro asesor de tesis, el Ing. Alfredo Fernando Temoche López, por ser quien estuvo constantemente con nosotros y nos guio, Del mismo modo, a todos los profesores de la Escuela de Ingeniería Industrial, quienes con la enseñanza de sus valiosos conocimientos han hecho de mi persona una profesional de calidad, gracias a cada uno de ustedes por su paciencia, dedicación, apoyo incondicional y amistad.

**Atte. Geraldine Jara**

Quiero expresar mi gratitud infinita a Dios, quien me dio sabiduría, paciencia y buen juicio para concluir mi tesis con éxito. Le brindo mi sincero agradecimiento al gerente general de la empresa, quien nos proporcionó su apoyo y ayuda desinteresada en poder recabar la información necesaria. De igual forma quiero agradecer a la Universidad Privada del Norte por ser aquella alma mater que me brindo las herramientas para poder ser un profesional competitivo y exitoso en el mundo laboral. Asimismo, deseo agradecer a todos mis maestros quienes con sus conocimientos y valores formaron en mí a un hombre de bien. Y por último agradecer a mi asesor de tesis, quien nos orientó en finalizar la tesis con éxito.

**Atte. Fernando Otero**

## TABLA DE CONTENIDO

JURADO EVALUADOR .....	2
DEDICATORIA.....	3
AGRADECIMIENTO.....	4
TABLA DE CONTENIDO .....	5
ÍNDICE DE TABLAS.....	6
ÍNDICE DE FIGURAS .....	7
RESUMEN .....	8
ABSTRACT .....	9
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	10
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA .....	38
CAPÍTULO III. RESULTADOS .....	48
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	81
REFERENCIAS .....	87
ANEXOS .....	92

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b>	<i>Indicadores Operativos de la Empresa Reencauchadora de Rodillos</i>	12
<b>Tabla 2</b>	<i>Símbolos Gráficos empleados en el Diagrama de Análisis de Procesos</i>	24
<b>Tabla 3</b>	<i>Pasos Básicos para la Realización del Estudio de Tiempos</i>	27
<b>Tabla 4</b>	<i>Muestra de Tiempos del Proceso de Reencauche</i>	42
<b>Tabla 5</b>	<i>Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos</i>	44
<b>Tabla 6</b>	<i>Pareto de Causas en la empresa reencauchadora de rodillos</i>	51
<b>Tabla 7</b>	<i>Cálculo de Productividad (Pre-test)</i>	52
<b>Tabla 8</b>	<i>Información de Frecuencias de Pareto</i>	53
<b>Tabla 9</b>	<i>Resumen DAP Reencauche de Rodillo Tipo Nitrilo</i>	55
<b>Tabla 10</b>	<i>Resumen DAP Reencauche de Rodillo Tipo Natural</i>	57
<b>Tabla 11</b>	<i>Resumen DAP Reencauche de Rodillo Tipo Silicona</i>	59
<b>Tabla 12</b>	<i>Muestra para Observaciones de Estudio de Tiempos</i>	61
<b>Tabla 13</b>	<i>Tiempo Observado de Rodillo Tipo Nitrilo</i>	62
<b>Tabla 14</b>	<i>Tiempo Observado de Rodillo tipo Natural</i>	63
<b>Tabla 15</b>	<i>Tiempo Observado de Rodillo tipo Silicona</i>	64
<b>Tabla 16</b>	<i>Factor de Calificación de Desempeño de Rodillo Tipo Nitrilo</i>	65
<b>Tabla 17</b>	<i>Factor de Calificación de Desempeño de Rodillo Tipo Natural</i>	66
<b>Tabla 18</b>	<i>Factor de Calificación de Desempeño de Rodillo Tipo Silicona</i>	67
<b>Tabla 19</b>	<i>Calificación de Holguras o Suplementos</i>	68
<b>Tabla 20</b>	<i>Tiempo Estándar de Rodillo Tipo Nitrilo</i>	69
<b>Tabla 21</b>	<i>Tiempo Estándar de Rodillo Tipo Natural</i>	69
<b>Tabla 22</b>	<i>Tiempo Estándar de Rodillo Tipo Silicona</i>	70
<b>Tabla 23</b>	<i>Distribución de Estaciones de Trabajo</i>	71
<b>Tabla 24</b>	<i>Tiempo Estándar Ponderado por Estaciones de Trabajo</i>	72
<b>Tabla 25</b>	<i>Cálculo de Tiempo Asignado para el Balance de Línea</i>	73
<b>Tabla 26</b>	<i>Número de Operarios del Sistema Actual</i>	73
<b>Tabla 27</b>	<i>Cálculo de Minutos Asignados (MA1) y Número de Operarios (NO1)</i>	74
<b>Tabla 28</b>	<i>Cálculo de Minutos Asignados (MA2) y Número de Operarios (NO2)</i>	75
<b>Tabla 29</b>	<i>Cálculo de Minutos Asignados (MA3) y Número de Operarios (NO3)</i>	75
<b>Tabla 30</b>	<i>Resumen de Estudio de Tiempos (Post-test)</i>	77
<b>Tabla 31</b>	<i>Tiempo Estándar Ponderado (Post-test)</i>	77
<b>Tabla 32</b>	<i>Resumen DAP Actual vs DAP Propuesto</i>	78
<b>Tabla 33</b>	<i>Cálculo de Productividad (Post-test)</i>	78
<b>Tabla 34</b>	<i>Comparativo de la Productividad (Pre y Post-test)</i>	79
<b>Tabla 35</b>	<i>Flujo de Caja Económico del Proyecto</i>	80

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b>	<i>Dinámica del Estudio de Métodos en la Ingeniería Industrial</i> .....	20
<b>Figura 2</b>	<i>Diagrama de Operaciones del Proceso de Fabricación de Estaciones para Teléfonos</i> .....	22
<b>Figura 3</b>	<i>Diagrama de Análisis de Procesos, Factores que lo integran, Ejemplo</i> .....	25
<b>Figura 4</b>	<i>Técnicas del Estudio del Trabajo y su Interrelación</i> .....	37
<b>Figura 5</b>	<i>Diseño de Pre prueba / Pos prueba con un solo Grupo</i> .....	40
<b>Figura 6</b>	<i>Diagrama de Ishikawa</i> .....	50
<b>Figura 7</b>	<i>Diagrama de Pareto de las Causas en la empresa reencauchadora de rodillos</i> .....	51
<b>Figura 8</b>	<i>Diagrama de Pareto de Tipos de Rodillos</i> .....	53
<b>Figura 9</b>	<i>DAP de Reencauche de Rodillo Tipo Nitrilo</i> .....	54
<b>Figura 10</b>	<i>DAP de Reencauche de Rodillo Tipo Natural</i> .....	56
<b>Figura 11</b>	<i>DAP de Reencauche de Rodillo Tipo Silicona</i> .....	58
<b>Figura 12</b>	<i>Diagrama de Recorrido de Reencauche de Rodillos</i> .....	60
<b>Figura 13</b>	<i>Diagrama de Recorrido Propuesto</i> .....	76

## RESUMEN

La empresa reencauchadora de rodillos ha presentado en los últimos meses una baja productividad debido a un mal uso de métodos de trabajo, debido a ello el presente estudio tuvo como objetivo incrementar la productividad aplicando el estudio de trabajo en el área de producción en la empresa reencauchadora de rodillos. El tipo de investigación empleada fue de nivel explicativo, con un enfoque cuantitativo y con un diseño pre-experimental de pre y post prueba con un sologruppo. Se consideró para el desarrollo del estudio de trabajo las dimensiones de análisis de operaciones, estudio de tiempos y balance de línea, permitiendo en su conjunto una reducción del tiempo estándar en 40.13 min o 16.75%, donde se lograron reducir los transportes en un 40% (6 transportes) y el tiempo de espera por enfriamiento de rodillo en 40 min o 89%. Así mismo, se logró balancear la línea del proceso con 11 operarios, dando como resultado final un incremento de la productividad del área de producción en un 33,84%. Concluyendo finalmente que el estudio de trabajo fue efectivo para el incremento de la productividad en el área de producción de la empresa reencauchadora de rodillos.

**PALABRAS CLAVES:** Productividad, Estudio del trabajo, Estudio de tiempos, Balance de línea, Análisis de operaciones.



## ABSTRACT

The objective of the study is to increase productivity by applying the work study in the production area of the roller company. Where the work study techniques such as operations analysis, time study and line balance were used, the study is of explanatory level with a pre and post test design with a single group. It was obtained that the application of the work study generates an impact of 33.84% in the productivity of the production area, the operations analysis had a reduction of 4 transports and 81% of time reduction in the waiting delay for cooling; the time study in the pre-test had a weighted standard time for the 3 types of rollers of 243.04 minutes and in the post-test 202.32 minutes, likewise, it was possible to balance the process line with 11 operators. Finally, the calculated  $t$  is 2.100, which is greater than the critical  $t$  of 1.782; therefore, we reject the  $H_0$  and accept the  $H_1$  that the application of the work study significantly increases the productivity of the production area of the roller retreading company, Lima - 2022 at a 95% confidence level.

**Keywords:** Productivity, work study, time study, line balancing, operations analysis.

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

**Título se modificó a:** “Estudio del Trabajo para incrementar la productividad en el área de producción de la empresa reencauchadora de rodillos, Lima-2022.

Tesis inicialmente como correlacional, luego se cambió a aplicada para demostrar el desarrollo de las competencias como ingenieros y aplicar herramientas de ingeniería.

### 1.1. Realidad Problemática

En el ámbito mundial, muchos autores como Henry Fayol, Edward Deming, Frederick Taylor, entre otros; han marcado la pauta en los procesos de manufactura con sus modelos, técnicas y herramientas de análisis. Este último revolucionó la manufactura con un enfoque científico del análisis de trabajo diario y de las herramientas productivas que, a criterio de Taylor puede incrementar la productividad en 400 por ciento (Heizer y Render, 2009). Las empresas manufactureras se enfrentan a una globalización en donde solo se mantienen las que ofrecen mejores bienes y servicios en términos de calidad y precio, justamente la creación de estos bienes y servicios pasan por un proceso de transformación. Por lo que mayor eficiencia, mayor productividad y valor agregado a los bienes y servicios que entreguemos al mercado.

Pero ¿Cómo mejoramos este proceso de transformación para ser más productivos? En América Latina, Andrade, Del Río, y Alvear (2019) sostienen que las medianas y pequeñas empresas que realizan estudios de trabajo son competitivas, mientras que las empresas que operan empíricamente presentan multitud de problemas en su gestión productiva. Por otro lado, las Pymes representan la mayor parte del sector productivo de los países de América Latina y estas no disponen de líneas de producción altamente automatizadas, por lo que requieren en gran medida aplicar técnicas de estudios de trabajo y equilibrar correctamente sus operaciones con el fin de aprovechar al máximo sus recursos y ser más productivos (Escalante, 2021).

A menudo, el montaje de maquinarias y la distribución de las líneas de producción se ejecutan de forma empírica, sin uso de técnicas o herramientas de mejora que faciliten el

aprovechamiento de los recursos disponibles a favor de la productividad. Para estos casos se debería emplear un conjunto de herramientas de mejora continua que se ajuste a las necesidades económicas, de espacio y demanda de cada organización (Escalante, 2021).

Por todo lo expuesto, la empresa reencauchadora de rodillos es una organización que presenta serios inconvenientes en su área de Producción, ya que es un proceso netamente manual, con uso ineficiente de los materiales para el proceso de reencauche y tiempos de espera elevados para el enfriamiento de los rodillos (proceso por el cual ocurre la disminución de temperatura del rodillo al aire libre, al momento de salir de la vulcanizadora). Actualmente se generan sobre costos de producción de mano de obra adicional, costo de energía y depreciación de equipos en los reprocesos, entre otros, afectando la parte financiera de la organización. Es por ello, por lo que esta investigación pretende aplicar el estudio del trabajo que se desarrolla a partir del análisis de las operaciones donde se identifiquen las actividades que no generan valor al proceso, seguido de la cuantificación a través del estudio de tiempos, para terminar, equilibrando las operaciones con la técnica de balance de línea, que maximicen el aprovechamiento de los recursos y la mejora de la productividad. Como evidencia se muestra en la siguiente tabla indicadores operativos del proceso productivos tales como eficiencia, productividad, índice de productos defectuosos.

**Tabla 1**

*Indicadores Operativos de la Empresa Reencauchadora de Rodillos*

Meses	Eficiencia (%)	Productividad (%)	Índice de defectos (%)
Abril 2021	66%	76%	15%
Mayo 2021	67%	72%	12%
Junio 2021	68%	39%	15%
Julio 2021	70%	53%	17%

Fuente: Registros de OP (Empresa Reencauchadora de Rodillos)

## **1.2. Antecedentes de la Investigación**

En la actualidad las pymes que inician sus operaciones de forma precaria, dada las limitaciones económicas y tecnológicas con la que inician, en su mayoría suelen presentar problemáticas congruentes, debido que, a medida en que la empresa crece, la administración de sus operaciones se sigue manteniendo precaria, incrementando la mano de obra para poder satisfacer su demanda, es por ello que el estudio de trabajo es una de las primeras medidas a aplicar, para empezar a estandarizar las operaciones.

Debido a esto, se ha realizado una exploración de antecedentes que sustente esta investigación, para ello presentamos los antecedentes encontrados tanto nacionales como internacionales.

### **1.2.1. Antecedentes Internacionales**

En nuestra búsqueda de bibliografía que guarda relación con los temas de estudio del trabajo y la productividad, encontramos estudios referentes al ámbito internacional que detallamos a continuación:

Henríquez, Cardona, Rada y Robles (2018), en su artículo científico titulado: “Medición de Tiempos en un Sistema de Distribución bajo un Estudio de Métodos y Tiempos, de la Revista Información Tecnológica de Colombia”. Tuvo como objetivo diseñar una herramienta para medir tiempos en el sistema de distribución de una comercializadora y mejorar su sistema de distribución.

Donde se concluyó que la propuesta que fue a través de la implementación de la metodología METDE, herramienta que sirve como apoyo en la planificación de las rutas de distribución, cumplió con los tiempos acordados de los clientes, detectándose de esta forma variables relevantes del proceso logístico que influyeron en los tiempos y el cumplimiento en los horarios de entrega de pedidos.

Andrade, Del Río y Alvear (2019), en su artículo científico titulado: "Estudio de Tiempos y Movimientos para Incrementar la Eficiencia en una Empresa de Producción de Calzado, de la Revista Información Tecnológica de Ecuador". Tuvo como objetivo mejorar los elementos innecesarios que podrían afectar la productividad, seguridad, y calidad de la producción.

Donde se concluyó que la aplicación del estudio de tiempos y movimientos ha permitido aumentar la producción de calzados que básicamente fue aplicable en procesos manuales y maquinarias específicas, luego de un mes que fue aplicado el estudio, se verificó los resultados donde en la semana 1 se obtuvo un índice de producción de 91%, terminada la semana 4 el índice de producción aumento a 97%, significando 97 pares de calzados diarios, este aumento de capacidad de procesos se debió a que se agilizaron y eliminaron las actividades del proceso de fabricación de calzados que no agregaron valor, mejorando así su tiempo estándar.

Rodríguez, Loyo, López y Ávila (2021), en su artículo científico titulado: "Caso de estudio del mejoramiento de indicadores clave en un proceso de ensamble con la herramienta de balanceo de línea". Tuvo como objetivo implementar las técnicas de balanceo, método estadístico y método gráfico, para mejorar los indicadores clave del proceso de ensamble de un ventilador de mano.

Concluyéndose finalmente que la implementación de las técnicas de balanceo de línea a través del método estadístico y gráfico de los autores permitió mejorar el tiempo de ciclo de 29% a 37% y también el índice de producción en un 42%. Por medio de la simulación vivencial, se logró que los alumnos o trabajadores sean quienes propongan las soluciones como conocedores del proceso, se esta forma se motivó la mejora continua al generar cambios a través de sus ideas, a su vez, estos se familiarizaron con el vocabulario técnico de la metodología mencionada.

Miño, Moyano, y Santillán (2019), en su artículo científico titulado: "Tiempo estándar para balanceo de línea en el área de soldadura del automóvil modelo cuatro". Tuvo como objetivo aplicar el balanceo de línea en las correspondientes asignaciones de trabajo de área de soldadura del automóvil modelo cuatro.

Donde se concluyó que luego del análisis y aplicación de métodos de trabajo para realizar el balance de línea, se obtuvo un takt time de 45.5 minutos, indicando ello el ritmo de producción de los automóviles modelo M4 en la satisfacción de la demanda, siendo el tiempo de ciclo de cada estación de trabajo menor al takt time, lo que evidenció el balance de las estaciones de trabajo para cumplir la producción planificada de 10 automóviles al día.

Herrera, Herrera, y González (2017), en su artículo científico titulado: "Mejora del proceso de fabricación de estibas de madera". Un caso de estudio, de la Revista Ingeniería Solidaria de Colombia. Se planteó como objetivo generar y aplicar acciones de mejora al proceso productivo de la empresa estudiada a partir de herramientas propias de la ingeniería industrial que permitan un mejor uso de recursos.

Donde se concluyó que medir erróneamente el proceso es tan grave como no medirlo, pudiendo ocasionar estándares o indicadores irrealizables, así como un ambiente laboral que merma la productividad debido a los bajos niveles de satisfacción de los trabajadores. Con el estudio de tiempos se logró estandarizar el proceso por medio de un diagrama de análisis de procesos que carecían en la organización, esto permitió disminuir el 33% de las operaciones y el 25% de transportes y distancias de recorrido. El tiempo estándar calculado fue de 11.42 minutos para el proceso de fabricación de estibas de madera.

Hernández, Martínez, Jiménez y Jiménez (2019), en su artículo científico titulado: "Métricas de productividad para equipo de trabajo de desarrollo ágil de software: una revisión sistemática, de la Revista Tecnológicas". Tuvo como objetivo identificar las

métricas que hacen posible medir la productividad de un equipo en Ágil de desarrollo de software.

Concluyéndose que dentro de la revisión sistemática realizado a 10 investigaciones, se identificaron 21 métricas de productividad en equipos de desarrollo ágil de software, al relacionar la productividad en equipos ASD y las métricas que se aplican. Se encontraron métricas para la entrega temprana y frecuente de software, es decir, métricas relacionadas a la eficacia y no a la eficiencia; métricas para el valor que agregan las tareas al producto, inclusive para el esfuerzo invertido en el desarrollo de una tarea, no se identificaron métricas para motivación del equipo.

### **1.2.2. Antecedentes Nacionales**

En nuestra exploración encontramos antecedentes del ámbito nacional que guardan relación con el tema de esta investigación vinculada al estudio del trabajo y la productividad.

Escalante (2021), en su artículo titulado: "Modelo de balance de línea para mejorar la productividad en una empresa de procesamiento de vidrio templado, de la Facultad de Ingeniería Industrial – UNMSM". Se planteó como objetivo demostrar como la implementación de un modelo de balance de línea ayuda a mejorar la productividad de la empresa de procesamiento de vidrio templado.

Concluyéndose que debido a la aplicación del balance de línea y de la contrastación estadística de la hipótesis, se pudo determinar que si hubo un incremento en la productividad tras haber ejecutado las acciones de mejora que se identificaron en la investigación, por ende, el balance de línea permitió optimizar de mejor manera los recursos disponibles del área, aumentando su capacidad y por consecuencia reduciendo

notablemente los costos de producción, dejando una propuesta de estructura de costos final.

Chavarría (2017) en su tesis titulada: "Aplicación de la Ingeniería de Métodos para incrementar la Productividad en el área de cromo duro de la empresa RECOLSA S.A.; Callao, 2017, de la Facultad de Ingeniería – Universidad Cesar Vallejo". Tuvo como objetivo determinar como la aplicación de la ingeniería de métodos incrementa la eficiencia en el área de cromo duro de la empresa Recolsa S.A; Callao, 2017.

Donde se concluyó que la aplicación de la ingeniería de métodos logró incrementar la productividad significativamente en un 11%, esto se debió como consecuencia de la reducción del índice de fallas de 10% a 4%, el tiempo de ciclo de 16 horas a 11 horas por cada pieza de cromado. Del mismo modo la aplicación de ingeniería de métodos permitió que la eficiencia incremente en 2%, mediante monitoreos de horas hombre empleada vs. programadas. Finalmente, la eficacia logró aumentarse en un 9% a través de monitoreos de piezas cromadas realizadas vs esperadas.

Díaz (2022), en su tesis titulada: "Análisis y propuesta de mejora en una empresa de confección de pantalones utilizando herramientas de ingeniería industrial, de la Facultad de Ciencias e Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP)". Se plantea como objetivo de investigación aumentar la productividad en las principales líneas de pantalones de una empresa perteneciente al sector textil y subsector confecciones, a través de la aplicación de herramientas Lean.

Al final se concluyó que ante los problemas principales que agobia a la empresa los cuales eran la baja productividad y poca calidad de los productos terminados, se logró encontrar las causas principales a través del análisis de Ishikawa, esto permitió implementar el balanceo de línea y la distribución de planta (SLP), lográndose reducir la distancia de recorrido en un 39% lo cual impacto en reducir el tiempo de transporte en



38%, del mismo modo la herramienta Kanban permitió disminuir los días de inventario en 5%, todo esto conllevó al aumento de la productividad de 60 a 62 pantalones por día y el indicador de calidad en un 1.1%

Tuesta, Chihuahua, y Calla (2020), en su artículo científico titulado: "Incremento de la productividad en una empresa de conserva de pescado", de la Revista de Investigación Científica Ingnosis. Tuvo como objetivo aplicar la ingeniería de métodos para incrementar la productividad del proceso de envasado en una empresa de conserva de pescado.

Concluyéndose que el diagnóstico del proceso de envasado tuvo una distancia de recorrido de 151.13 m. y un tiempo estándar 486 segundos/caja, de los cuales un 40% de este tiempo está representado por actividades que no agregan valor al proceso, con todo esto la productividad inicial fue de 46.79 cajas/hora-hombre, el análisis permitió un método mejorado donde la distancia recorrida es menor a la anterior 131.53 m. un tiempo estándar de 346 segundos/caja. Finalmente, la aplicación de la Ingeniería de Métodos permitió mejorar la productividad del proceso de envasado en 15.67%.

Solano (2020), en su tesis de pregrado titulada: "Redistribución de planta y su influencia en la productividad en una empresa de comida rápida en la ciudad de Trujillo-Facultad de Ingeniería en la Universidad Privada del Norte". Tuvo como objetivo principal influenciar de manera positiva en la productividad de una empresa de comida rápida a través de una distribución de planta.

Donde se concluyó que la distribución de planta influyó significativamente en la productividad del proceso de cocina de comida rápida, logrando incrementar de esta forma las utilidades en un 50%. La propuesta fue la aplicación de distribución de planta acompañado de un plan de capacitación, con lo que la productividad mejoró de 50% a 75%, siendo esta mejora un impacto del 50%.

### 1.3.Bases Teóricas

#### 1.3.1. Estudio del Trabajo

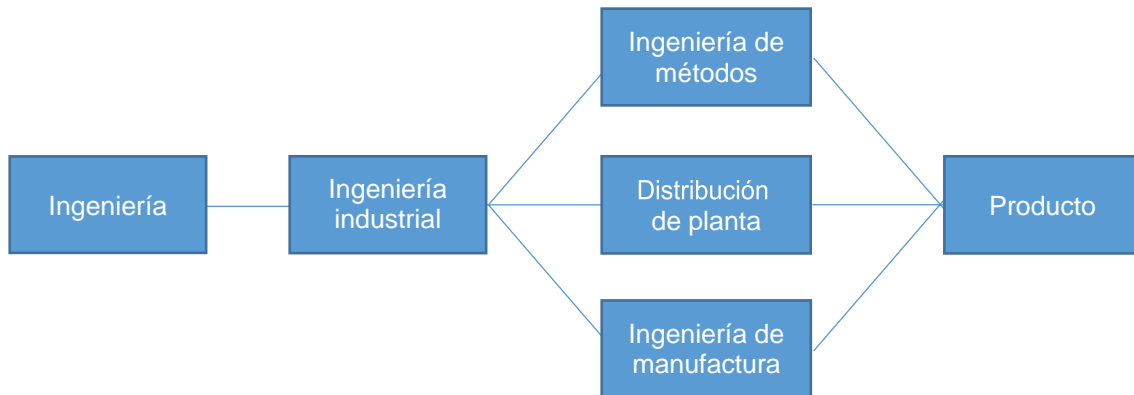
Actualmente, la combinación completa de economía, materias primas y recursos humanos conduce a una mayor productividad. Sobre la base del principio, que en cada proceso, todavía hay una mejor opción para la solución, se puede hacer un análisis para determinar el nivel que se ajusta cada alternativa de acuerdo con los criterios seleccionados y las técnicas iniciales de los parámetros, obtenidos a través de los principios del estudio del trabajo o métodos.

Sobre lo expuesto, podemos definir al Estudio de Métodos o del Trabajo como: *“La investigación sistémica de las operaciones que la componen, su tipología, materiales y herramientas utilizadas”* (Cruelles, 2015, pág. 161). El estudio de métodos permite dividir y subdividir tareas en una fracción lógica de operaciones. De esta forma se comprende mejor cómo se ejecuta la tarea y de esta forma sirve para verificar un modo de operación para todos los involucrados en su ejecución. Además este es el punto de inicial para su mejora.

Por otro lado, Jananía (2008) nos comenta que el estudio de métodos se ocupa de la integración del ser humano dentro del proceso productivo, en otras palabras, describe el diseño del proceso en lo que se refiere a todas las personas involucradas en el mismo (pág. 2) como metodología principal de la ingeniería industrial la cual se encarga de maximizar el retorno de la inversión, utilizando diseños adecuados para satisfacer la demanda, es decir, el producto terminado. Por ejemplo, si necesitamos muebles de comedor, tenemos que empezar por analizar qué tipo de materia prima se va a utilizar, todo lo que incluye en el proceso y así obtener el producto terminado óptimo.

**Figura 1**

*Dinámica del Estudio de Métodos en la Ingeniería Industrial*



Fuente: Manual de tiempos y movimientos: Ingeniería de Métodos (Jananía, 2008)

En este contexto, la ingeniería industrial como disciplina, se refiere al estudio y transformación de materias primas o materiales en algo diferente (el producto terminado) y sobre todo algo más aplicable a su forma, tiempo y lugar. Donde su principal desafío es diseñar el método óptimo para lograr esta transformación particular.

### 1.3.2. Análisis de Operaciones

En este apartado del estudio del trabajo, empezamos definiendo el termino Operación, como “el desglose y clasificación de movimientos que lleva a cabo una tarea específica, pudiendo dividirse incluso en micro operaciones” (Cruelles, 2015), entonces el análisis de operaciones según Niebel y Freivalds (2009) “estudia todos los elementos productivos y no productivos de una operación, para incrementar la productividad y reducir los costos unitarios conservando o mejorando la calidad” (pág. 57). Algunos autores lo consideran como un diagnóstico inicial del proceso y este es realizado por el o los analistas.

Cruelles (2015) nos dice que el analista debe analizar la tarea (proceso) con la finalidad de “detectar las operaciones que no añaden valor al producto y para mejorar las

que, si añaden valor, el análisis de operaciones no trata la mejora de estos, sino que es un diagnóstico que detecta qué es mejorable" (pág. 222). El análisis de operaciones debe identificar dónde mejorar los métodos, procesos, así como el diseño de equipos, instalaciones y materiales con el fin de ahorrar esfuerzo humano y reducir la fatiga innecesaria, además de ello permite el ahorro del uso de materiales, máquinas y mano de obra, dando como resultado mayor seguridad y mejores condiciones de trabajo para que la ejecución de dicho trabajo sea más fácil, rápido, simple y seguro. (Cruelles, 2015)

Para lograr este propósito el analista se apoya en 2 técnicas o herramientas auxiliares, como son el Diagrama de Operaciones del Proceso (DOP) y el Diagrama de Análisis de Proceso (DAP).

### **1.3.3. Diagrama de Operaciones del Procesos (DOP)**

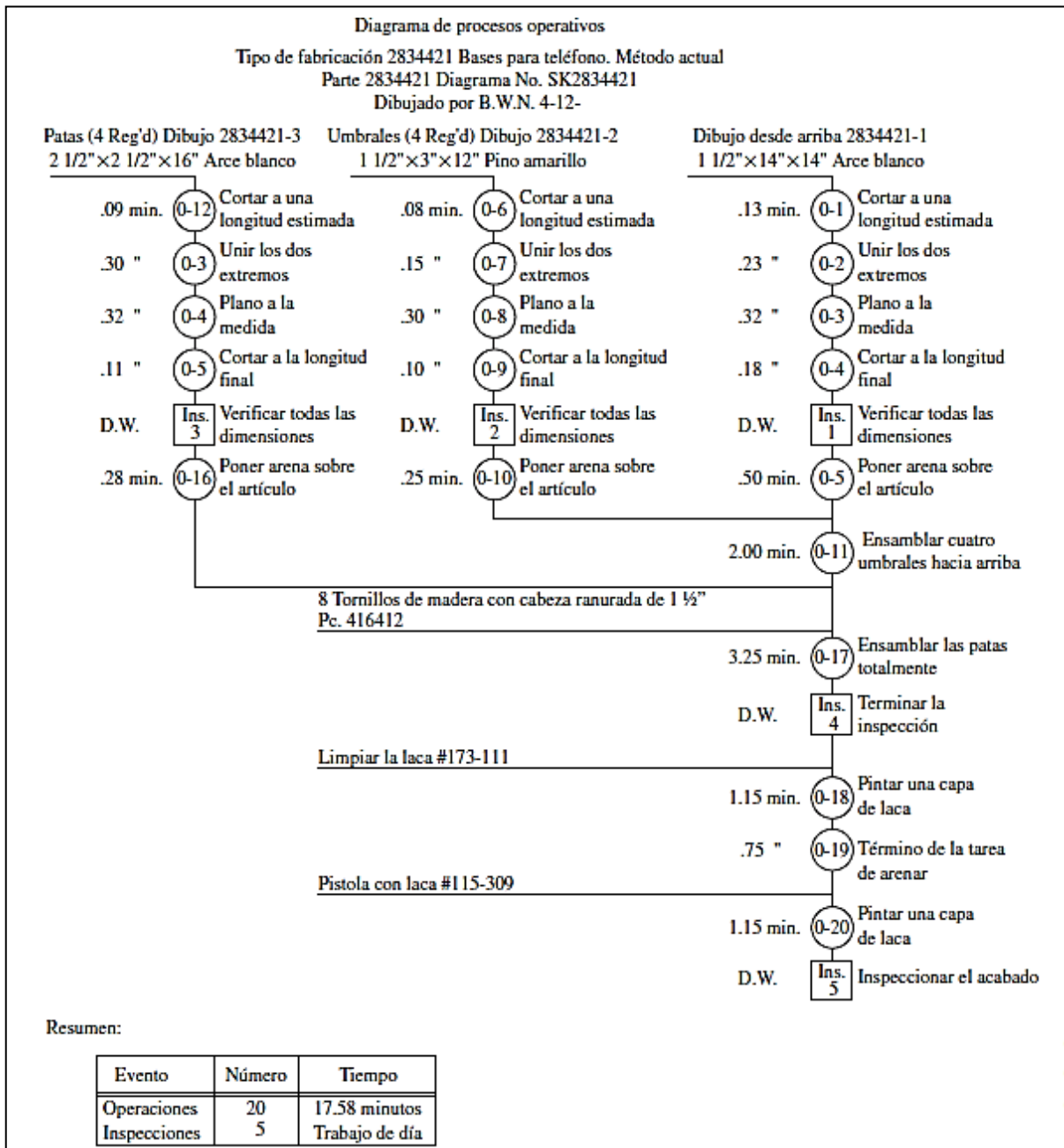
Muestra la cronología de todas las actividades, inspecciones, tiempos autorizados y materiales utilizados en un proceso productivo o comercial, desde la recepción de las materias primas hasta el envasado del producto terminado. Par este diagrama Niebel y Freivalds (2009) expresan que:

"Se utilizan dos símbolos para construir la gráfica de operaciones del proceso: un pequeño círculo (○) representa una operación y un pequeño cuadrado (□) representa una inspección. Una operación se lleva a cabo cuando una parte bajo estudio se transforma intencionalmente, o cuando se estudia o se planea antes de que se realice cualquier trabajo productivo en dicha parte. Una inspección se realiza cuando la parte es examinada para determinar su cumplimiento con un estándar" (pág. 25)

En algunos casos una operación puede está unida a una inspección, por lo que es considerado como una actividad combinada y su símbolo es un círculo dentro de un cuadrado.

**Figura 2**

*Diagrama de Operaciones del Proceso de Fabricación de Estaciones para Teléfonos*



Fuente: *Ingeniería industrial, métodos, estándares y diseño del trabajo* (Niebel y Freivalds, 2009)

### 1.3.4. Diagrama de Análisis de Procesos (DAP)

A diferencia del DOP este diagrama cuenta con mayor detalle, como resultado, no se aplica directamente a un ensamble sino a todos los componentes de ese ensamble. Al respecto López, Alarcón, y Rocha (2014) nos dicen que:

“Este tipo de diagrama proporciona información sobre todos los componentes que se utilizan para la manufactura de un producto o servicio, permitiendo contar con una visión completa a nivel macro del proceso que se realiza para manufacturarlo. Es de gran utilidad para poner de manifiesto costos ocultos provocados por excesivos acarreos, retrasos y almacenamientos temporales, con lo cual se identifican áreas de oportunidad para realizar mejoras en el proceso de productividad y eficiencia de este”. (pág. 53)






Lo anterior, lo reafirman Niebel y Freivalds (2009) “El diagrama de flujo del proceso es particularmente útil para registrar los costos ocultos no productivos como, por ejemplo, las distancias recorridas, los retrasos y los almacenamientos temporales” (pág. 26). Habiéndose identificado estas actividades no productivas, el analista puede plantear soluciones para minimizar su efecto y reducir los costos.

Además de registrar operaciones e inspecciones, un DAP muestra todos los retrasos en el traslado y el almacenamiento que puede experimentar un artículo a medida que avanza por la fábrica. Por lo tanto, el DAP requiere cierta notación además del símbolo de operación e inspección que se usa en el diagrama de operaciones del proceso (DOP). Una pequeña flecha significa transporte, que se puede definir como el movimiento de un objeto de un lugar a otro, excepto cuando el movimiento ocurre durante la operación normal o la inspección. La letra mayúscula D representa un retraso o demora, que ocurre cuando una pieza no se puede procesar inmediatamente en la siguiente estación de trabajo. Un triángulo equilátero invertido indica almacenamiento, lo que ocurre cuando un artículo se guarda y se asegura en un lugar determinado para que nadie pueda tomarlo sin

permiso. Estos cinco símbolos son el conjunto estándar de símbolos utilizados en los diagramas de análisis de procesos. (López, Alarcón y Rocha, 2014)

**Tabla 2**

*Símbolos Gráficos empleados en el Diagrama de Análisis de Procesos*

Tipo de operación	Símbolo ASME	Descripción de uso
Operación		Tiene lugar cuando se modifica de manera intencionada cualquiera de las características dimensionales, físicas, químicas, mecánicas o estéticas de un material, información u objeto, cuando se une a otro(s), etcétera.
Transporte		Acontece cuando el material, la información u objeto se desplaza de un lugar a otro, principalmente estaciones de trabajo o áreas. Conviene no considerar los movimientos que forman parte de una operación y que son realizados por el operario.
Inspección		Sucede cuando tiene lugar una evaluación, de manera intencionada, de cualquiera de las características dimensionales, físicas, químicas, mecánicas o estéticas de un material u objeto, al concluir una operación de transformación, de transporte, demora o almacenamiento.
Espera		Una espera (demora o retraso) puede ser de dos tipos aquel que es necesario ya que permite modificar intencionalmente las características dimensionales, físicas, químicas, mecánicas o estéticas de un material, información u objeto, y aquella demora que no es necesaria y que provoca que se interrumpa de manera abrupta la continuidad en las operaciones, afectando a la siguiente.
Almacenaje		Ocurre cuando de manera intencional o no, cualquier material, información u objeto es resguardado en un área o recipiente específico, con el fin de someterlo a otra operación.

Fuente: Estudio del trabajo. Una nueva visión (López, Alarcón y Rocha, 2014)

De la tabla anterior, las operaciones e inspecciones identificadas en el proceso son las que agregan valor, al contrario de los transportes, almacenaje y espera que no agregan valor, lo que nos permite determinar el porcentaje de valor agregado como indicador principal de este diagrama.

### 1.3.5. Despilfarro

Todo lo que no sea la cantidad mínima de equipo, materiales, piezas, espacio y tiempo del operario que resultan totalmente esenciales para añadir valor al producto. El fin de la teoría de despilfarro, es justamente la medición de lo subrayado y es el despilfarro de mano de obra, en definitiva, el causante de la escasa productividad del proceso productivo. (Cruelles, 2015, pág. 34)

### 1.3.6. Cuello de Botella

Chase, Jacobs y Aquilano (2009), lo definen como:

“Cualquier recurso cuya capacidad sea menor que su demanda. Un cuello de botella es una restricción en el sistema que limita la producción. En el proceso de manufactura, es el punto donde el caudal se adelgaza hasta ser una corriente flaca. Un cuello de botella puede ser una máquina, falta de trabajadores capacitados o una herramienta especial” (pág. 686)

**Figura 3**

*Diagrama de Análisis de Procesos, Factores que lo integran, Ejemplo*

MECATRONIC, S.A. DE C.V.						
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA						
DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO		OPERARIO <input type="checkbox"/>		MATERIAL <input type="checkbox"/>		EQUIPO <input checked="" type="checkbox"/>
Diagrama Núm. 01-E Hoja Núm. 2		RESUMEN				
Objetivo: Revisión de estado de prensa		ACTIVIDAD	Actual	Propuesto	Economía	
Método: Producción de tina		Operación	5			
Método: Actual: <input checked="" type="checkbox"/> Propuesto: <input type="checkbox"/>		Transporte	1			
Lugar:		Espera	1			
Operador (es): Trabajador		Inspección	6			
Elaborado por:		Almacenamiento	1			
Aprobó:		Distancia (m)	10			
Fecha:		Tiempo (hr/hombre)				
Fecha:		Costo				
Comentarios		TOTAL				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	DISTANCIA (M)	TIEMPO (MIN)	SÍMBOLO		OBSERVACIONES
Sacar matriz de almacén	1	10				
Transporte de matriz a estación de trabajo	1	0				
Inspección ocular de matriz	1	0				
Colocación de matriz en prensa 1	1					
Ajuste de matriz	1					
Inspección de planicidad de platinas	1					
Ajuste de planicidad de platinas	1					
Inspección de paralelismo de platinas	1					
Ajuste de paralelismo de platinas	1					
Inspección de carreras y prueba en vacío	1					
Medición de holgura y concentricidad	1					
Ajuste de holgura y concentricidad	1					
Inspección de anillo sujetador	1					
Prensa en espera	1					
<b>TOTAL</b>	<b>14</b>	<b>10</b>				

Fuente: Estudio del trabajo. Una nueva visión (López, Alarcón y Rocha, 2014)



### 1.3.7. Estudio de Tiempos

El estudio de tiempos como parte fundamental de la medición del trabajo, es definida según García (2005) como: "Un método investigativo basado en la aplicación de diversas técnicas para determinar el contenido de una tarea definida, fijando el tiempo que un trabajador calificado invierte en llevarla a cabo con arreglo en una norma de rendimiento preestablecida". Siendo los objetivos que esta técnica permite satisfacer: el incremento de la eficiencia y proporcionar estándares de tiempo.

Por otro lado, la Oficina Internacional del Trabajo OIT (1996) nos dice que el estudio de tiempos es:

"Una técnica de medición del trabajo empleada para registrar los tiempos y ritmos de trabajo correspondientes a los elementos de una tarea definida, efectuada en condiciones determinadas y para analizar los datos a fin de averiguar el tiempo requerido para efectuar la tarea según una norma de ejecución preestablecida". (pág. 273)

Algunos de los principales implementos o equipos para el estudio de tiempos son: *un cronometro digital, un tablero de estudio de tiempos, los formatos para el estudio de tiempos y calculadora de bolsillo*. Adicionalmente una grabadora de video para algunas actividades específicas.

Según García (2005), el cronometraje de los tiempos se lleva a cabo cuando: a) Se ejecuta una nueva operación, actividad o tarea; b) Se presentan quejas de los trabajadores c) Se identifican demoras causadas por operación lenta; d) Se pretende fijar tiempos estándar y e) Se detectan bajos rendimientos o excesivos tiempos muertos. A continuación, se muestra en la siguiente tabla los pasos básicos a tener en cuenta para el estudio de tiempos.

**Tabla 3**

*Pasos Básicos para la Realización del Estudio de Tiempos*

<b>Fase</b>	<b>Procedimiento</b>
I. Preparación	Selección de la operación Selección del trabajador Actitud frente al trabajador Análisis de comprobación del método de trabajo
II. Ejecución	Obtener y registrar la información Descomponer la tarea en elementos Cronometrar Calcular el tiempo observado
III. Valoración	Ritmo normal del trabajador promedio Técnicas de valoración Cálculo del tiempo normal
IV. Suplementos	Análisis de las demoras Estudio de fatiga Cálculo de suplementos y sus tolerancias
V. Tiempo Estándar	Error de tiempo estándar Cálculo de frecuencia de los elementos Determinación de tiempos de interferencia Cálculo de tiempo estándar

Fuente: Estudio del Trabajo, ingeniería de métodos y medición del trabajo (García, 2005)

Ejecución del Estudio

Se muestra un panorama general de la secuencia para ejecutar el estudio de tiempos, a continuación, se detalla acerca de la calificación de desempeño del operario y de la adición de suplementos u holguras.

**1.3.7.1. Calificación del Desempeño del Operario**

Como manifiestan Niebel y Freivalds (2009), quienes comentan que como cada elemento ejecutado en una actividad u operación requiere un tiempo real y este depende de un alto grado de esfuerzo y habilidad del operario, se requiere balancear o ajustar hacia

arriba el tiempo normal del operario calificado y hacia abajo la del operario deficiente, hasta un nivel estándar. Adicionalmente manifiestan:

“En el sistema de calificación del desempeño, el observador evalúa la efectividad del operario en términos del desempeño de un operario calificado que realiza el mismo elemento. El valor de la calificación se expresa como un decimal o un porcentaje y se asigna al elemento observado. Un operario calificado se define como un operario completamente experimentado que trabaja en las condiciones acostumbradas en la estación de trabajo, a un ritmo que no es demasiado rápido ni demasiado lento, pudiéndose mantener dicho ritmo a lo largo del día”. (Niegel y Freivalds, 2009, pág. 343)

El objetivo principal de calificar el desempeño del trabajador es ajustar el tiempo observado (TO) para cada elemento del proceso realizado durante el estudio al *tiempo normal* (TN) que requiere un trabajador calificado para ejecutar el mismo trabajo. El tiempo normal se calcula con la siguiente expresión:

$$TN = TO \times C/100$$

### 1.3.7.2. Adición de Suplementos u Holguras

Ningún operador puede mantener un ritmo estándar cada minuto de la jornada laboral. Pueden ocurrir tres tipos de interrupciones para las cuales se debe asignar tiempo adicional. Primero, las interrupciones personales como ir a los servicios higiénicos o tomar agua; segundo es la fatiga que afecta a todo operario desde el más débil al más fuerte y tercero son los retrasos inevitables, rupturas de las herramientas, interrupciones de supervisores o jefes inmediatos, cambios de materiales, etc. Todas estas interrupciones requieren adicionar una holgura al tiempo normal ya calculado para determinar el tiempo estándar, que es definido como: “*El tiempo requerido para que un operario totalmente*

*calificado y capacitado, trabaje a un paso estándar, realizando un esfuerzo promedio para una operación en específica"* (Niebel y Freivalds, 2009, pág. 343)

La forma más común de aplicar las holguras o suplementos es agregando un porcentaje al tiempo normal, de tal modo que los suplementos se basen en un porcentaje del tiempo productivo. Se puede calcular por la siguiente expresión matemática:

$$TE = TN \times (1 + \text{Suplementos})$$

### 1.3.7.3. Sistema Westinghouse

En la bibliografía sobre estudio de tiempos y movimientos, existen distintos métodos para la calificación del operario y adición de suplementos, pero la más empleada es el sistema Westinghouse; el cual, tal como describe Niebel y Freivalds (2009) el "*sistema de calificación Westinghouse considera cuatro factores para evaluar el desempeño del operario: habilidad, esfuerzo, condiciones y consistencia*" (pág. 358).

El sistema define *habilidad* como "la destreza requerida para seguir un cierto método", luego la relaciona con la experiencia representada por la coordinación rítmica de la mente y las manos. La habilidad del operador es el resultado de la experiencia y la habilidad inherentes a la coordinación y el ritmo naturales. El sistema divide la habilidad en seis grados: malo, aceptable, promedio, bueno, excelente y superior; cada grado tiene un valor porcentual asignado que va desde -22% hasta +15%. (Niebel y Freivalds, 2009)

El sistema también define al *esfuerzo* como "la demostración de la voluntad de trabajar con eficacia". El esfuerzo es representativo de la velocidad a la que se aplica la habilidad, que puede ser controlada en gran medida por el operador. Las clases de calificación para el esfuerzo son: malo, aceptable, promedio, bueno, excelente y excesivo, teniendo un valor porcentual desde el -17% hasta +13%; es recomendable para el analista

calificar solo el esfuerzo "eficaz" ya que es habitual que el operario aplique un esfuerzo mal dirigido para incrementar el tiempo de ciclo del estudio al verse supervisado.

Las *condiciones* consideradas en este proceso de evaluación del desempeño, que afectan al operador, pero no a la operación, incluyen temperatura, ventilación, iluminación y ruido. Por lo tanto, si la temperatura en una estación de trabajo determinada es de 15 °C, pero se acostumbra a permanecer entre 20 y 23°C, las condiciones se consideran por debajo de lo normal. Las clases para las condiciones son: ideal, excelente, bueno, promedio, aceptable y malo; que van desde un valor porcentual de -7% a +6%.

Finalmente, el cuarto factor de calificación de desempeño es el de consistencia, que son los valores de tiempo que realiza el operario y que se repiten de forma constante o inconstante. Es decir, los valores tomados de tiempo no deben ser muy variables una de otra, y esto sucede muy a menudo ya que siempre ocurre alguna variabilidad en la dureza o calidad del material, filo de corte de herramientas, o lubricantes. Las clases para la consistencia son: perfecta, excelente, buena, promedio, aceptable y mala que van desde -4% a +4% de valor porcentual. Estas tablas del sistema de Westinghouse para la calificación de desempeño se muestran en el anexo 4. (Niebel y Freivalds, 2009)

El propósito básico de cualquier holgura es agregar suficiente tiempo al tiempo normal de producción para que el trabajador promedio cumpla con las ejecuciones estándar. Hay dos formas de aplicar suplemento u holguras. Lo más común es agregar un porcentaje al tiempo normal, de modo que el número flotante se base solo en el porcentaje de tiempo de trabajo efectivo. También se acostumbra a expresar los suplementos como un coeficiente, de modo que el tiempo normal (TN) se pueda ajustar fácilmente al tiempo estándar (TE). Ver la tabla de adición de suplementos u holguras en el anexo 5. (Niebel y Freivalds, 2009)

#### **1.3.7.4. Tiempo Normal**

Es el tiempo observable del operario el cual, para que sea aplicable a todos los operarios del proceso, se debe incluir un índice de desempeño considerado como "normal" para dicho trabajo. (Chase, Jacobs y Aquilano, 2009)

#### **1.3.7.5. Tiempo Estándar**

El tiempo tipo o tiempo estándar es el tiempo permitido para completar una tarea. Incluye la duración de factores cíclicos (variables repetitivas, constantes), así como factores causales o aleatorios que se han observado durante el estudio del tiempo. Por estos tiempos ya calificados se añaden los suplementos u holguras siguientes: personales, por fatiga y especiales. La adquisición de este resultado final se expresa en tiempo estándar. (García, 2005, pág. 240)

#### **1.3.8. Balance de Línea**

El objetivo del balance de la línea de montaje es dar a cada operador, tanto como sea posible, la misma cantidad de trabajo. Esto se logra solo dividiendo las tareas en movimientos básicos mediante los cuales se realizan todos los elementos del trabajo, y agrupando las tareas en trabajos de aproximadamente la misma duración. El puesto o puestos de trabajo que más tiempo requieren se denominan puestos de trabajo 100% y son los que limitan la producción de la cadena de montaje. (Meyers, 2000)

Según Meyers, la técnica del balanceo de líneas de ensamble tiene el siguiente propósito:

1. Igualar la carga de trabajo de los operarios.
2. Identificar la operación cuello de botella.
3. Establecer la velocidad de la línea.

4. Determinar el número de estaciones de trabajo.
5. Determinar el costo por mano de obra de ensamble y empaque.
6. Establecer la carga de trabajo porcentual de cada operario.
7. Ayudar en la disposición física de la planta.
8. Reducir el costo de producción.

Determinación del número de operarios necesarios para cada operación

A continuación, se muestran algunas de las fórmulas principales para determinar el número de operarios necesarios:

$$IP = \frac{\textit{Unidades a fabricar}}{\textit{Tiempo disponible de un operario}}$$

$$NO = \frac{TE \times IP}{E}$$

En donde:

*NO* = número de operadores para la línea

*TE* = tiempo estándar para la pieza

*IP* = índice de producción

*E* = eficiencia planeada

Pasos para el balanceo de una línea de ensamble

1. Establecer las relaciones de secuencia entre las operaciones mediante un diagrama de procedencia.
2. Determinar el tiempo de ciclo requerido (*C*).

$$C = \frac{\textit{Tiempo de producción por día}}{\textit{Producción diaria requerida (und.)}}$$

3. Determinar el número de estaciones de trabajo ( $N$ ) requeridas para satisfacer la limitación del cuello de botella.

$$N = \frac{\text{Suma de tiempos de las tareas } (T)}{\text{Tiempo del ciclo } (C)}$$

4. Seleccionar las reglas de asignación de las tareas en las diferentes estaciones de trabajo.
5. Asignar las tareas, una a la vez, a la primera estación de trabajo de tal manera que la suma de tiempos se acerque o sea igual al trabajo de ciclo.
6. Evaluar la eficiencia de equilibrio de la estación.

$$E = \frac{\text{Suma de tiempos de las tareas } (T)}{\text{Número de estaciones de trabajo } (T) \times \text{Tiempo de ciclo } (C)}$$

### 1.3.9. Productividad

La productividad es el nivel de actividad en el que se utilizan los recursos disponibles para lograr objetivos predeterminados. En nuestro caso, el objetivo es producir productos a menor costo, gracias al uso eficiente de los principales recursos de producción: materias primas, personas y máquinas; factores en los que la acción del ingeniero industrial debe centrar sus esfuerzos para aumentar el índice actual de productividad y de esta manera reducir el costo de producción. (García, 2005).

Si hablamos de índices de productividad, estos pueden determinarse a través de la relación producto – insumo. Técnicamente pueden incrementarse de tres formas:

1. Aumentando el producto y manteniendo el mismo insumo,
2. Reduciendo el insumo y manteniendo el mismo producto y
3. Aumentando el producto y reduciendo el insumo proporcionalmente.



Rosales y Rosario (2014), sostiene que la productividad no es una medida de la producción o la cantidad producida, sino la eficiencia con la que se combinan y utilizan los recursos para lograr un resultado deseado en particular. Por lo tanto, la productividad puede medirse desde el punto de vista de:

$$1^{\circ} = \frac{\textit{Producción}}{\textit{Insumos}}$$

$$2^{\circ} = \frac{\textit{Resultados logrados}}{\textit{Recursos empleados}}$$

Así mismo, Heizer y Render (2009) mencionan que la formulación de la productividad puede plantearse de dos maneras: 1) productividad de un solo factor, “que indica la razón que hay entre un recurso (entrada) y los bienes y servicios producidos (salidas)”.

$$\textit{Productividad} = \frac{\textit{Unidades producidas}}{\textit{Insumos empleados}}$$

Y 2) productividad de múltiples factores, “que indica la razón que hay entre muchos o todos los recursos (entradas) y los bienes y servicios producidos (salidas)”.

$$\textit{Productividad} = \frac{\textit{Salida}}{\textit{mano de obra} + \textit{material} + \textit{energía} + \textit{capital} + \textit{otros}}$$

### 1.3.10. Eficiencia

Según Heizer y Render (2009) La eficiencia es parte porcentual de la capacidad efectiva que se ha alcanzado en realidad, esto depende de cómo se utilicen y administren las instalaciones y los recursos, entendiéndose que la capacidad efectiva es lo que se espera alcanzar dada ciertas limitaciones o restricciones operativas actuales que impiden alcanzar la capacidad de diseño.

La fórmula para calcular la eficiencia es la siguiente:

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Producción Real}}{\text{Capacidad Efectiva}}$$

$$\text{Eficiencia (\%)} = \frac{\text{Capacidad usada}}{\text{Capacidad disponible}} \times 100$$

### 1.3.11. Eficacia

La eficacia se relaciona con el logro de un resultado deseado y puede ser un reflejo de la cantidad percibida, la calidad o ambas (García, 2005, pág. 19). Algunos indicadores de la eficacia es el grado de cumplimiento de los programas de producción o ventas o las demoras de los tiempos de entrega. La fórmula la cual nos permite calcular la eficacia es la siguiente:

$$\text{Eficacia (\%)} = \frac{\text{Producción real}}{\text{Producción programada}} \times 100$$

## 1.4. Formulación del Problema

Al observar el panorama del área de producción de la empresa reencauchadora de rodillos se puede apreciar la problemática que la aqueja, esto puede ocasionar la insatisfacción de los clientes en tiempo de entrega de las piezas, baja calidad del producto, etc. Es por ello por lo que planteamos el problema general y los problemas específicos de la siguiente manera:

### 1.4.1. Problema General

¿En qué medida la aplicación de estudio del trabajo incrementa la productividad del área de producción de la empresa reencauchadora de rodillos, Lima - 2022?

#### **1.4.2. Problemas Específicos**

¿Cuáles son las causas que generan una baja productividad en el área de producción en la empresa reencauchadora de rodillos, Lima-2022?

¿Qué solución se ha de implementar para incrementar la productividad en la empresa reencauchadora de rodillos, Lima-2022?

¿Cuáles son los resultados obtenidos al implementar una solución para el incremento de la productividad en la empresa reencauchadora de rodillos, Lima-2022?

¿Cuál fue el impacto económico que tuvo la propuesta en el incremento de la productividad en la empresa reencauchadora de rodillos, Lima-2022?

#### **1.5. Objetivos de la Investigación**

Dentro de la presente investigación, con el fin de realizar el estudio del trabajo y que esta influya en la mejora de la productividad, se plantea los siguientes objetivos, tanto general, como específicos, los cuales se detallan a continuación:

##### **1.5.1. Objetivo General**

Incrementar la productividad aplicando el estudio de trabajo en el área de producción de la empresa reencauchadora de rodillos, Lima-2022.

##### **1.5.2. Objetivos Específicos**

Identificar las causas que generan una baja productividad del área de producción en la empresa reencauchadora de rodillos, Lima – 2022.

Ejecutar una solución para incrementar la productividad del área de producción en la empresa reencauchadora de rodillos, Lima – 2022.

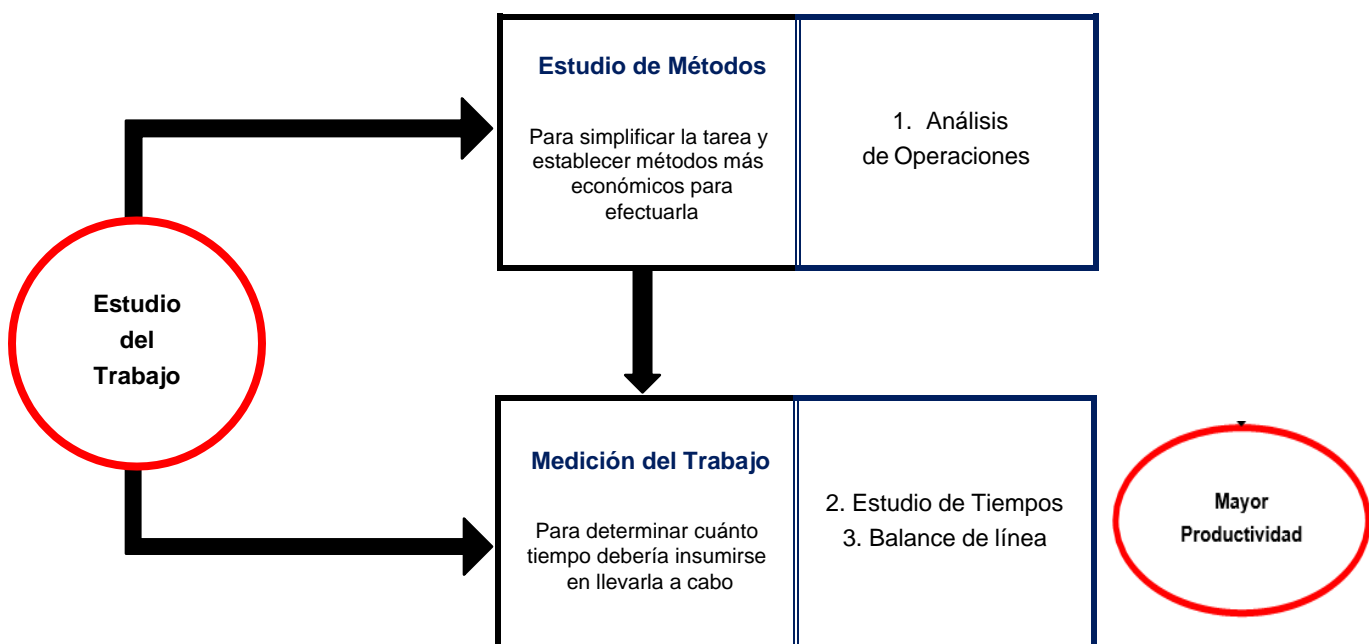
Verificar los resultados obtenidos al proponer una solución para el incremento de la productividad del área de producción de la empresa reencauchadora de rodillos, Lima – 2022.

Evaluar económicamente la viabilidad de la propuesta para incrementar la productividad del área de producción de la empresa reencauchadora de rodillos, Lima- 2022.

Se considera al balance de línea como parte del estudio del trabajo porque, según la Oficina Internacional del Trabajo (1996), el estudio del trabajo: “es un conjunto de técnicas que se emplean para examinar el trabajo humano en todos sus contextos y que llevan sistemáticamente a investigar todos los factores que influyen en la economía y eficiencia de la situación actual.” De las cuales la OIT destaca de manera particular al Estudio de métodos y la Medición del trabajo, siendo en este último donde se ubica el balance de línea dado que es una técnica que permite nivelar la carga de trabajo que tiene cada operario, e identificar el cuello de botella. De lo expuesto, se muestra gráficamente a continuación.

**Figura 4**

*Técnicas del Estudio del Trabajo y su Interrelación*



## **1.6. Justificación de la Investigación**

### **1.6.1. Justificación Teórica**

La presente investigación se justifica por la contribución al conocimiento al área de la ingeniería de métodos y procesos, al sistematizar y secuenciar las técnicas encontradas en la literatura y de esta forma hacerlas una en conjunto como metodología para la aplicación práctica en todo tipo de procesos productivos de bienes y servicios, para este caso el sector de manufactura de reencauche de rodillos.

### **1.6.2. Justificación Práctica**

La presente investigación se justifica, por la necesidad de herramientas prácticas y dinámicas para el proceso productivo de reencauche de rodillos, de tal forma que se estandarice como herramienta y política principal del proceso y que a futuro forme parte de los indicadores principales del área de producción.

### **1.6.3. Justificación Económica**

La presente investigación se justifica, dado que no representa inversión importante para la implementación de la propuesta, tan solo gastos de materiales y adicionales, ya que las técnicas de la ingeniería de métodos que se aplicaran en primera instancia, es solo esfuerzo técnico de los analistas, presentándose una inversión ínfima para la empresa.

## CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

### 2.1. Metodología de la Investigación

#### 2.1.1. Tipo de la Investigación

Se ha revisado múltiples literaturas sobre la clasificación de la investigación encontrándose diferentes tipologías definidas por los autores consultados, a continuación, se presentan las más comunes aplicables para esta investigación:

La presente investigación según su profundidad es experimental: "Porque se presenta en una situación de control en la cual se manipulan, de manera intencional, una o más variables independientes (causas) para analizar las consecuencias de tal manipulación sobre una o más variables dependientes (efectos)". (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, pág. 130)

Según su finalidad, la investigación es aplicada: "Ello debido a que mediante la teoría se encarga de resolver problemas prácticos, se basa en los hallazgos, descubrimientos y soluciones que se planteó en el objetivo del estudio, normalmente este tipo de investigación se utiliza en la medicina o ingenierías". (Arias, 2020, pág. 43)

Según el nivel de conocimiento la investigación es explicativa, dado que se pretende explicar la causa de eventos y fenómenos físicos o sociales, por qué ocurre un fenómeno, en qué condiciones se manifiesta o como se estas se relacionan. (Ríos, 2017)

Dicho de otro modo, la presente investigación es explicativa porque pretende encontrar soluciones del análisis causa y efectos de los fenómenos productivos, para este estudio se plantea dos variables: Estudio de Trabajo y Productividad.

### 2.1.2. Diseño de la Investigación

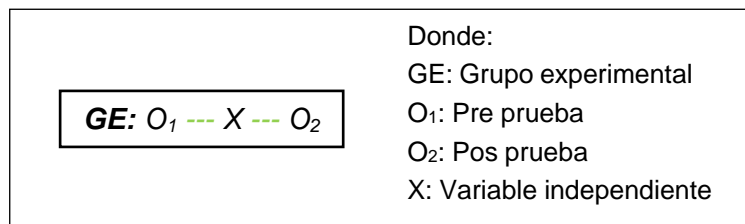
El diseño de la investigación es pre-experimental, Según Espinoza (2014) manifiesta que estos diseños:

“Son usados cuando se sabe que existen variables extrañas que pueden influir en la variable dependiente, pero no se sabe qué variables son y por lo tanto no se pueden controlar. Al utilizar este diseño corremos el riesgo de que la validez interna y externa sea mínima o nula”. (pág. 98)

Sin embargo, Hernández, Fernández y Baptista (2014, pág. 141) dicen que “este diseño de un solo grupo cuyo grado de control es mínimo, es generalmente útil como un primer acercamiento al problema de investigación en la realidad”. Por ende no encontrándose antecedentes de que se haya realizado este tipo de estudios en el proceso productivo, se decide utilizar este diseño como inicio para futuros estudios de estándares de trabajo.

**Figura 5**

*Diseño de Pre prueba / Pos prueba con un solo Grupo*



Fuente: (Hernández, Fernández y Baptista, 2014)

### 2.1.3. Enfoque

La presente investigación está fundamentada en el enfoque cuantitativo por sus características como, planteamientos acotados, se mide los fenómenos, se aplica estadística y se contrastan las hipótesis y teorías. Además, sigue un proceso deductivo y secuencial, tal como lo define Hernández, Fernández y Baptista (2014) quienes

manifiestan que el enfoque cuantitativo “utiliza la recolección de datos para probar

hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin de establecer pautas de comportamiento y probar teorías". (pág. 4)

#### **2.1.4. Población y Muestra**

##### **2.1.4.1. Población**

La población estuvo representada por las operaciones del proceso de reencauche de rodillos, las unidades producidas y el tiempo que se incurrió para obtener un producto terminado durante 26 semanas (6 meses).

##### **2.1.4.2. Muestra**

Para el estudio se consideró trabajar con el total de la población, es decir con las unidades producidas durante un periodo de 26 semanas (6 meses) de los cuales 3 meses fueron para el pre-test y los otros 3 meses restantes fueron para el pos-test. Este tipo de muestra fue considerada como muestra censal ya que se seleccionó al 100% de la población al considerarse un número manejable de sujetos/objetos.

##### **2.1.4.3. Muestreo del Estudio de Tiempos**

La muestra, según Hernández, Fernández y Baptista (2014) "es un subgrupo de la población de interés sobre el cual se recolectarán datos y que tiene que definirse y delimitarse de antemano con precisión, además de que debe ser representativo de la población" (pág. 173)

Para esta investigación, es necesario calcular el tamaño de muestra para las observaciones o ciclos que deben medirse para el estudio de tiempos representado como una dimensión de la variable independiente y ver su efecto sobre la productividad del



proceso estudiado. La literatura estudiada nos muestra la forma estadística de como calcular el tamaño de muestra requerido de las observaciones que debe cronometrarse.

$$n = \left( \frac{Z \cdot s}{h \cdot \bar{X}} \right)^2$$

### Ecuación 1

#### Tamaño de Muestra para Observaciones

Donde:

h: Nivel de precisión deseado (5%=0.05)

Z: número de desviaciones estándar (95%=1.96)

s: desviación estándar de la muestra inicial

$\bar{X}$  Media de la muestra inicial

n: Tamaño de la muestra requerida

Para calcular el tamaño de muestra requerido de observaciones, partimos de una pequeña muestra de una de las actividades principales del proceso, el cual es el proceso de reencauche, los datos se muestran a continuación.

**Tabla 4**

*Muestra de Tiempos del Proceso de Reencauche*

Observación	Tiempo (min.)
1	22,4
2	23,6
3	25,9
4	28,4
5	27,0
6	22,5
7	24,8
8	28,4
9	24,3
10	26,0
Media muestral	25,3
Desv. Estándar	2,194

Con estos datos aplicamos la ecuación 1 para obtener el tamaño de muestra de las observaciones de cada operación del proceso a cronometrar del estudio de tiempos.

$$n = \left( \frac{Z \times s}{h \times \bar{X}} \right)^2$$

$$n = \left[ \frac{1.96 \times 2.194}{0.05 \times 25.3} \right]^2$$

$$n = \left[ \frac{4.301}{1.267} \right]^2$$

$$n = \left[ \frac{4.301}{1.267} \right]^2$$

$$n = 11.53 \cong \boxed{12 \text{ observaciones aproximadamente}}$$

### 2.1.5. Unidad de Análisis

La unidad de análisis está representada por la unidad de producción de la empresa, es decir: los rodillos en sus 8 tipos o variedades; los cuales serán priorizadas por la técnica de Pareto y solo se analizarán 3 tipos de rodillo: Nitrilo, Natural y Silicona.

### 2.1.6. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

Para nuestro proceso de aplicar el estudio del trabajo al proceso de reencauche de rodillos, se aplicarán las siguientes técnicas e instrumentos detallados en la tabla que se muestra a continuación:

**Tabla 5**

*Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos*

<b>Técnicas</b>	<b>Instrumentos</b>	<b>Análisis de datos</b>	<b>Objetivo</b>
	Narrativa del proceso	DAP	Conocer el proceso
Observación	Manuales y registros de producción	Conocer los procedimientos operatorios	Analizar los procesos y niveles de producción
	Guía de observación	Diagrama de Ishikawa	Identificar las causas raíz
Análisis documental	Diagrama de análisis de proceso (DAP)	Actividades de valor y no valor agregado	Calcular la eficiencia del proceso
	Formato de registro de toma de tiempos	Estudio de tiempos	Calcular el tiempo estándar
	Diagrama de estaciones de trabajo	Balanceo de línea	Balancear las estaciones de trabajo

También la técnica de Entrevista, pero de forma no estructurada para identificar métodos o formas en que se realiza las operaciones de los diferentes operarios, diferenciados por su experiencia.

Los analistas consideran no validar por juicio de expertos ninguno de los instrumentos documentales expuestos en la tabla 5, ya que el instrumento principal para el estudio de tiempos son los cronómetros que emplearan los analistas. Asimismo también se utilizará como instrumento físico en la toma de tiempos tableros y formatos para estudio de tiempos.

**2.1.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos**

A continuación, se presenta los pasos para el procesamiento de las técnicas antes mencionadas.

### **2.1.7.1. Proceso de Recolección de Datos:**

A continuación se indicará como fue el proceso de recolección de datos para cada uno de nuestros instrumentos, con respecto a la técnica de Observación:

#### **Manuales y Registros de Producción:**

Para el desarrollo de este instrumento, se inició solicitando los manuales y registros de producción al gerente de producción. Una vez ello, se verificó la presente actualización de los manuales, para luego calcular la productividad (pre prueba) de los registros de producción y por último actualizar los manuales de procesos. Todo ello con el objetivo de analizar los procesos y los niveles de producción.

#### **Guía de Observación:**

Para el desarrollo de este instrumento, se comenzó entrevistando al gerente y a los supervisores de producción, para luego contextualizar el problema principal, el cual se evidenció que fue la baja productividad, después de ello se realizó una lluvia de ideas de las causas de la baja productividad y por último se clasificó las causas por las 6M's, realizando de este modo el Diagrama de Ishikawa, identificando las causas raíz.

A continuación se indicará como fue el proceso de recolección de datos para cada uno de nuestros instrumentos, con respecto a la técnica de Análisis de Documental:

#### **Diagrama de Análisis de Proceso (DAP):**

Para el desarrollo de este instrumento, se inició visualizando los procesos, registrando cada una de las actividades, para luego identificar que actividades agregan valor y cuáles no, para posteriormente cuantificar aquellas actividades que agregan valor (operaciones, inspecciones y combinadas) y las que no agregan valor (demoras, transporte y almacenamiento). Todo ello con el fin de calcular la eficiencia del proceso.

### **Formato de registro de toma de tiempos:**

Para el desarrollo de este instrumento, se inició preparando materiales para el muestreo de tiempos, para luego cronometrar las 12 observaciones de cada una de las actividades del proceso de elaboración de rodillos. Posteriormente se registró los tiempos en el formato de toma de tiempos, se calculó el tiempo observado y se estimó la calificación de los operarios, dando como respuesta el tiempo normal. Posteriormente a ello se calculó los suplementos constantes y variables y con ello el cálculo del tiempo estándar. Siendo este último la finalidad de haber realizado el formato de registro de toma de tiempos.

### **Diagrama de estaciones de trabajo:**

Para el desarrollo de este instrumento, se definió primeramente las tareas de la línea, asimismo se estableció el tiempo estándar por operación, las precedencias de tareas y se calculó el número de estaciones de trabajo necesarias, para que finalmente se pueda obtener el número de operarios óptimos y la eficiencia de la línea. Dando como resultado el balanceo de las estaciones de trabajo.

#### **2.1.7.2. Procedimiento de tratamiento y análisis de datos**

El análisis de los datos se realizará tal como se detalla a continuación:

**Técnica Observación:** Se emplearán como insumos para el análisis: narrativa del proceso para los DAP's, ficha de registros de producción para conocer los procesos operatorios y volúmenes de producción y Guía de observación para la elaboración del diagrama de Ishikawa, estos serán desarrollados a través de Microsoft Word y Excel versión 2019.

**Técnica Análisis Documental:** Se emplearán como insumos para el análisis: Diagrama de análisis de Procesos (DAP) para identificar las actividades que no agregan valor al proceso, ficha de registro de toma de tiempos, para el registro de observaciones del estudio de tiempos (cálculo del tiempo estándar), adicionalmente se emplearan tableros, cronómetros digitales y cámaras filmadoras de video, para los procesos donde no se tenga acceso, finalmente se empleara el Diagrama de estaciones de trabajo, con el fin de poder obtener un balanceo de línea correcta, además de una eficiencia planeada dentro de la línea de producción. Todo lo mencionado anteriormente se desarrollará través del sistema informático Excel versión 2019.

**Análisis Inferencial:** Para esta técnica se emplearán el registro de los datos de pre y post prueba de análisis de operaciones, estudio de tiempos y balance de línea con lo que calcularemos medidas de tendencia central como la media, desviación estándar y tamaño de muestra, la prueba estadística a emplear será la "T de Student" o comparación de medias a través del software estadístico SPSS Statistics V. 22

#### **2.1.8. Consideraciones Éticas**

Los autores se comprometen a respetar los aspectos éticos de la investigación, tales como: respetar los conocimientos anteriores como artículos y libros, la originalidad de los resultados, el anonimato de las personas que participaron en el estudio y a no brindar información confidencial de la empresa sin la respectiva autorización.

## 2.2. Operacionalización de las Variables

Variable	Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores	Fórmula	Escala
Variable independiente (X) <b>Estudio del Trabajo</b>	Es una tarea de investigación sistemática de las operaciones que la componen, su tipología, materiales, máquinas y herramientas utilizadas. El estudio de los métodos del trabajo divide y desglosa la tarea en una parterazonable de operaciones. <b>(Cruelles, 2013)</b>	<b>X<sub>1</sub></b> : Análisis de las Operaciones	<b>X<sub>1.1</sub></b> : OVA* <b>X<sub>1.2</sub></b> : ONVA** <b>X<sub>1.3</sub></b> : Coeficiente de despilfarro por proceso (CdP)	$CdP = 1 + \frac{\sum \text{Tiempo de tareas de no valor añadido}}{\sum \text{Tiempo de tareas de valor añadido}}$	Razón
		<b>X<sub>2</sub></b> : Estudio de tiempos	<b>X<sub>2.1</sub></b> : Tiempo normal <b>X<sub>2.2</sub></b> : Tiempo Estándar	$\text{Tiempo Normal} = \text{Tiempo Obs} + \text{Valoración}$ $\text{Tiempo Estándar} = \text{Tiempo Normal} (1 + \text{Suplementos})$	Razón
		<b>X<sub>3</sub></b> : Balance de línea	<b>X<sub>3.1</sub></b> : Índice de producción <b>X<sub>3.2</sub></b> : Número de operarios teórico <b>X<sub>3.3</sub></b> : Número de operarios reales	$Ip = \frac{\text{Unidades a producir}}{\text{Tiempo disponible de un operador}}$	Razón
Variable dependiente (Y) <b>Productividad</b>	La productividad es el nivel de rendimiento con que se emplean los recursos, la relación entre producción e insumo para crear valor agregado <b>(Heizer, 2009)</b> . Así, las empresas disponen de recursos con los que crea el producto deseado y que determinan la productividad: <b>(Muñoz, 2020)</b>	<b>Y<sub>1</sub></b> : Eficiencia	<b>Y<sub>1.1</sub></b> : Capacidad usada <b>Y<sub>1.2</sub></b> : Capacidad disponible	$\text{Eficiencia} = \left( \frac{\text{Capacidad usada}}{\text{Capacidad disponible}} \right) \times 100$	Razón
		<b>Y<sub>2</sub></b> : Eficacia	<b>Y<sub>2.1</sub></b> : Producción real <b>Y<sub>2.2</sub></b> : Producción programada	$\text{Eficacia} = \left( \frac{\text{Producción real}}{\text{Producción programada}} \right) \times 100$	Razón

\* **OVA**: Operación de valor agregado

\*\***ONVA**: Operación de no valor agregado

### CAPÍTULO III. RESULTADOS

#### 3.1. Diagnóstico **Identificación de las causas que generan una baja productividad en la empresa reencauchadora de rodillos.**

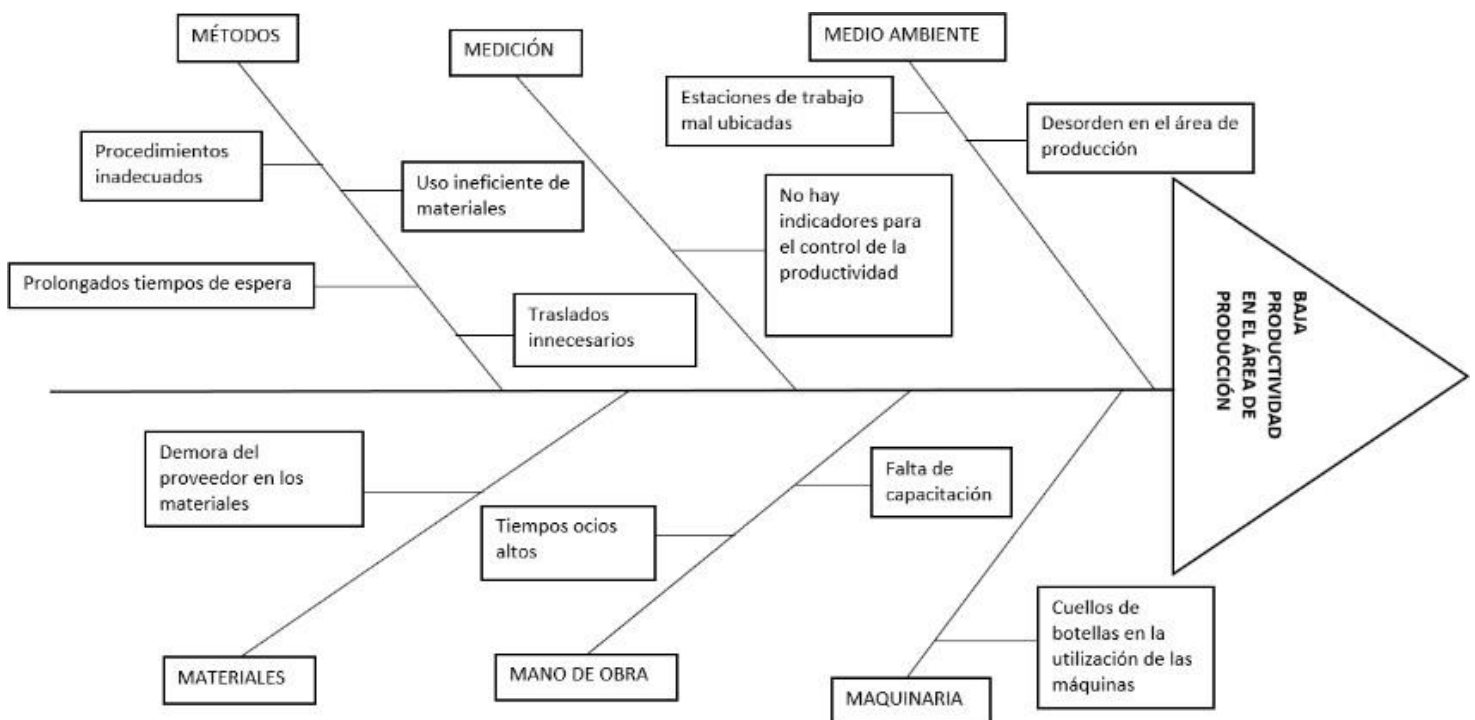
Dentro de nuestro diagnóstico de la empresa reencauchadora de rodillo, con respecto a la mejora de la productividad del área de producción, se procedió aplicar la observación, donde se aplicaron herramientas que facilitaron la recolección de información, entre ellas se tuvo el Diagrama de Ishikawa y el Pareto. A continuación, se presentarán dichas herramientas:

#### **Diagrama de Ishikawa**

Permitió conocer las causas principales de la baja productividad del área de producción.

**Figura 6**

*Diagrama de Ishikawa*





### Gráfico de Pareto

Para la elaboración del diagrama de Pareto (80%-20%), se tomaron las causas identificadas en el diagrama de Ishikawa, para luego categorizarlas según el nivel de frecuencia, con el fin de conocer las causas más representativas y en donde debemos poner todo nuestro esfuerzo con el fin de mejorar la productividad del área de producción de la empresa reencauchadora de rodillos.

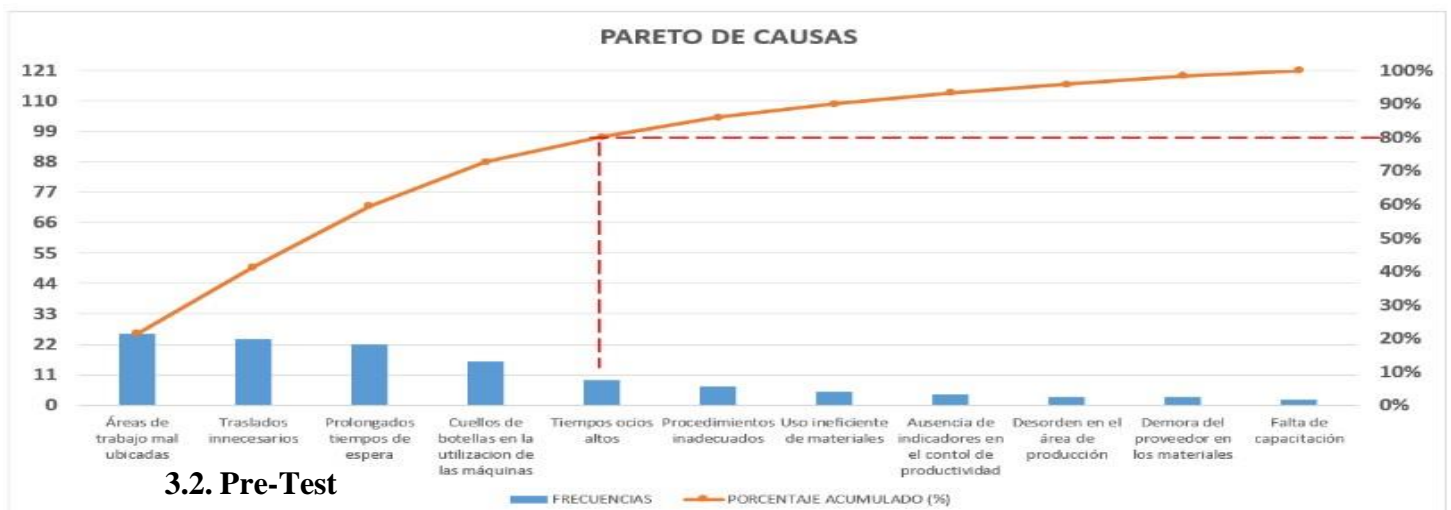
**Tabla 6**

*Pareto de Causas en la empresa reencauchadora de rodillos*

CAUSAS	FRECUENCIA	%	ACUMULADO	% ACUMULADO
Áreas de trabajo mal ubicadas	26	21%	26	21%
Traslados innecesarios	24	20%	50	41%
Prolongados tiempos de espera	22	18%	72	60%
Cuellos de botellas en la utilización de las máquinas	16	13%	88	73%
Tiempos ocios altos	9	7%	97	80%
Procedimientos inadecuados	7	6%	104	86%
Uso ineficiente de materiales	5	4%	109	90%
Ausencia de indicadores en el control de productividad	4	3%	113	93%
Desorden en el área de producción	3	2%	116	96%
Demora del proveedor en los materiales	3	2%	119	98%
Falta de capacitación	2	2%	121	100%
	121			

**Figura 7**

*Diagrama de Pareto de las Causas en la empresa reencauchadora de rodillos*



### 3.2. Pre-Test

En esta sección, según el diseño de investigación debemos medir la productividad antes de la aplicación completa del estudio del trabajo al proceso productivo de reencauche de rodillos, los resultados se basan en una data histórica de 3 meses la cual será mostrada de forma semanal como se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 7**

*Cálculo de Productividad (Pre-test)*

Semanas	NATURAL	NITRILO	SILICONA	Producción (unidades)	Tiempo Estándar (min.)	Productividad (rodillo/min.)
Semana 31	41	8		49	243,04	0,20
Semana 32	9	13	4	26	243,04	0,11
Semana 33	16	7	52	75	243,04	0,31
Semana 34	42	12		54	243,04	0,22
Semana 35	10	126	5	141	243,04	0,58
Semana 36	33	35	8	76	243,04	0,31
Semana 37	17	21	3	41	243,04	0,17
Semana 38	3	7	44	54	243,04	0,22
Semana 39	6	7	16	29	243,04	0,12
Semana 40	16	4	8	28	243,04	0,12
Semana 41	60	12	18	90	243,04	0,37
Semana 42	4	12		16	243,04	0,07
Semana 43	26	62	4	92	243,04	0,38
<b>Total general</b>	<b>283</b>	<b>326</b>	<b>162</b>	<b>771</b>	<b>243,04</b>	
<b>Índice semanal</b>	<b>22</b>	<b>25</b>	<b>16</b>	<b>63</b>		

El índice semanal de productividad calculado es de 0,24 rodillo/min o 14,7 rodillos/hora, también observamos que el índice de producción es de 63 rodillos en sus tres tipos: nitrilo, natural y silicona. Dicha productividad calculada se dio como resultado de los diversos análisis y operaciones que se mostrarán a continuación:

### 3.2.1. Análisis de Operaciones

Para analizar las operaciones, antes debemos priorizar los productos o tipos de rodillos que se elaboran en el proceso productivo; se ha identificado ocho (08) distintos tipos de rodillos, se tiene una data histórica de seis meses, de las cuales se aplicara el Diagrama de Pareto para priorizar los productos.

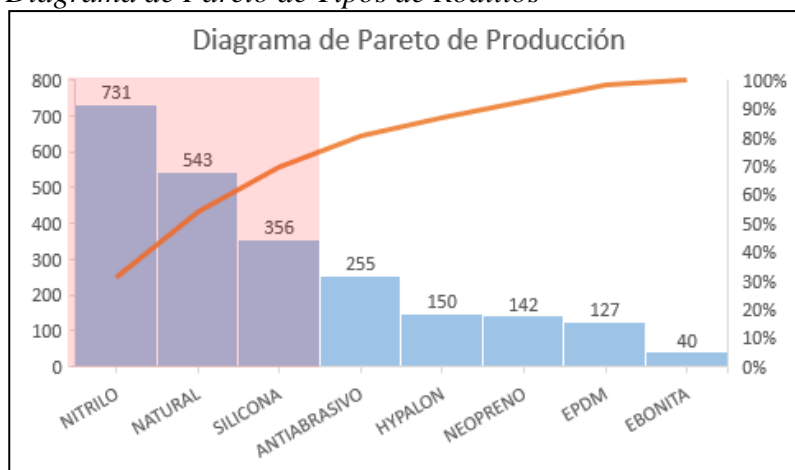
**Tabla 8**

*Información de Frecuencias de Pareto*

Tipo de Rodillos	Cantidad	Frecuencia	Frecuencia Acumulada
NITRILO	731	31,19%	31,19%
NATURAL	543	23,17%	54,35%
SILICONA	356	15,19%	69,54%
ANTIABRASIVO	255	10,88%	80,42%
HYPALON	150	6,40%	86,82%
NEOPRENO	142	6,06%	92,88%
EPDM	127	5,42%	98,29%
EBONITA	40	1,71%	100,00%
<b>Total general</b>	<b>2344</b>	<b>100,00%</b>	

**Figura 8**

*Diagrama de Pareto de Tipos de Rodillos*



De la figura anterior, se observa que alrededor del 70% de la producción está representada por tres (03) tipos de rodillo: *Nitrilo*, *Natural* y *Silicona*, los cuales serán considerados prioritarios para los siguientes análisis o métodos a aplicarse al proceso productivo de elaboración de rodillos. En esta primera etapa de análisis de operaciones, se identificó todas las actividades inmersas en el proceso mediante observación directa.

**Figura 9**  
*DAP de Reencauche de Rodillo Tipo Nitrilo*

DIAGRAMA DE ANÁLISIS DEL PROCESO DE REENCAUCHE DE RODILLOS TIPO NITRILLO									
Proceso: Reencauche de rodillos tipo Nitrilo					Método: ACTUAL				
Inicio: Traslado de tubos metálicos al área de limpieza					Analista:				
Termino: Almacenaje del rodillo					Fecha:		Pág. 1/1		
DESCRIPCIÓN	ACTIVIDADES						TIEMPO (minutos)	DISTANCIA (metros)	OBS.
	○	□	◐	➔	D	▽			
Traslado de tubos metálicos al área de limpieza							0,39	7	
Limpieza química del tubo de metal							6,23		
Traslado del tubo al área de arenado							0,48	8	
Eliminación del óxido del tubo metálico							6,97		
Traslado del tubo al área de adhesivo							0,23	5	
Aplicación Adhesivo 220							3,68		
Aplicación Adhesivo 205							3,73		
Pesado de la materia prima							1,68		
Traslado de la materia prima al área de molino							0,31	6	
Proceso de la molienda							17,08		
Traslado de la pasta de caucho al área de laminado							0,49	12	
Proceso de laminado							16,76		
Traslado del caucho laminado al área de reencauche							0,29	6	
Proceso de reencauche al tubo metálico							34,11		
Vendaje del tubo/rodillo reencauchado							14,78		
Traslado del rodillo al área de vulcanizado							0,25	7	
Proceso de vulcanizado							65,01		
Enfriado del rodillo							45,73		
Traslado del rodillo al área de rectificado y acabado							0,15	4	
Rectificado y acabado del rodillo							27,55		
Traslado del rodillo al área de control de calidad							0,47	15	
Control de calidad del rodillo							5,62		
Traslado al almacén de productos terminados							0,21	6	
Almacenaje del rodillo							3,85		
<b>TOTAL</b>	<b>7</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>10</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>256,04</b>	<b>76</b>	

Del anterior DAP tenemos que diferenciar a las actividades que agregan valor (operaciones, inspecciones y actividades combinadas) de las que no agregan valor al proceso (transporte, demora y almacenaje), de estas últimas tenemos 10 transportes, 1 demora y 1 almacenaje, las cuales representan un 50% de actividades que no agregan valor al proceso.

**Tabla 9**

*Resumen DAP Reencauche de Rodillo Tipo Nitrilo*

ACTIVIDAD	SIMBOLO	ACTUAL		
		Cant.	Tiempo	Dist.
Operación	○	7	155,1	
Inspección	□	2	7,3	
Activ./Combinada	◻	3	40,7	
Transporte	➡	10	3,3	76
Demora	⏸	1	45,7	
Almacenamiento	▽	1	3,8	
<b>TOTAL</b>		24	256,04	76

A continuación, se muestra el Diagrama de Análisis de Procesos de rodillo tipo Natural.

**Figura 10**

*DAP de Reencauche de Rodillo Tipo Natural*

DIAGRAMA DE ANÁLISIS DEL PROCESO DE REENCAUCHE DE RODILLOS TIPO NATURAL									
Proceso: Reencauche de rodillos tipo Natural					Método: <b>ACTUAL</b>				
Inicio: Traslado de tubos metálicos al área de limpieza					Analista:				
Termino: Almacenaje del rodillo					Fecha:		Pág. 1/1		
DESCRIPCIÓN	ACTIVIDADES						TIEMPO (minutos)	DISTANCIA (metros)	OBS.
	○	□	◐	➡	D	▽			
Traslado de tubos metálicos al área de limpieza							0,39	7	
Limpieza química del tubo de metal							6,71		
Traslado del tubo al área de arenado							0,48	8	
Eliminación del óxido del tubo metálico							8,29		
Traslado del tubo al área de adhesivo							0,24	5	
Aplicación Adhesivo 220							3,59		
Aplicación Adhesivo 205							3,31		
Pesado de la materia prima							1,69		
Traslado de la materia prima al área de molino							0,30	6	
Proceso de la molienda							11,88		
Traslado de la pasta de caucho al área de laminado							0,49	12	
Proceso de laminado							15,50		
Traslado del caucho laminado al área de reencauche							0,28	6	
Proceso de reencauche al tubo metálico							30,58		
Vendaje del tubo/rodillo reencauchado							16,06		
Traslado del rodillo al área de vulcanizado							0,25	7	
Proceso de vulcanizado							62,31		
Enfriado del rodillo							45,85		
Traslado del rodillo al área de rectificad y acabado							0,15	4	
Rectificado y acabado del rodillo							26,09		
Traslado del rodillo al área de control de calidad							0,47	15	
Control de calidad del rodillo							6,46		
Traslado al almacén de productos terminados							0,23	6	
Almacenaje del rodillo							4,07		
<b>TOTAL</b>	<b>7</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>10</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>245,68</b>	<b>76</b>	

De la figura anterior, se muestra el DAP de rodillos tipo Natural, donde se identifican 10 transportes, 1 demora y 1 almacenaje, los que representan un 50% de actividades que no agregan valor en el proceso productivo de este tipo de rodillo, el resumen se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 10**

*Resumen DAP Reencauche de Rodillo Tipo Natural*

ACTIVIDAD	SIMBOLO	ACTUAL		
		Cant.	Tiempo	Dist.
Operación	○	7	143,2	
Inspección	□	2	8,1	
Activ./Combinada	◻	3	41,1	
Transporte	→	10	3,3	76
Demora	D	1	45,8	
Almacén	▽	1	4,1	
<b>TOTAL</b>		24	245,68	76

Por último, se muestra el Diagrama de Análisis de Procesos de rodillo tipo Silicona.

**Figura 11**

*DAP de Reencauche de Rodillo Tipo Silicona*

DIAGRAMA DE ANÁLISIS DEL PROCESO DE REENCAUCHE DE RODILLOS TIPO SILICONA									
Proceso: Reencauche de rodillos tipo Silicona					Método: <b>ACTUAL</b>				
Inicio: Traslado de tubos metálicos al área de limpieza					Analista:				
Termino: Almacenaje del rodillo					Fecha:		Pág. 1/1		
DESCRIPCIÓN	ACTIVIDADES						TIEMPO (minutos)	DISTANCIA (metros)	OBS.
	○	□	◐	→	D	▽			
Traslado de tubos metálicos al área de limpieza							0,39	7	
Limpieza química del tubo de metal							6,80		
Traslado del tubo al área de arenado							0,48	8	
Eliminación del óxido del tubo metálico							8,07		
Traslado del tubo al área de adhesivo							0,23	5	
Aplicación Adhesivo 220							4,26		
Aplicación Adhesivo 205							4,21		
Pesado de la materia prima							1,58		
Traslado de la pasta de caucho al área de laminado							0,49	12	
Proceso de laminado							12,76		
Traslado del caucho laminado al área de reencauche							0,29	6	
Proceso de reencauche al tubo metálico							23,90		
Vendaje del tubo/rodillo reencauchado							15,21		
Traslado del rodillo al área de vulcanizado							0,25	7	
Proceso de vulcanizado							60,01		
Enfriado del rodillo							45,27		
Traslado del rodillo al área de rectificado y acabado							0,15	4	
Rectificado y acabado del rodillo							22,90		
Traslado del rodillo al área de control de calidad							0,47	15	
Control de calidad del rodillo							5,67		
Traslado al almacén de productos terminados							0,21	6	
Almacenaje del rodillo							3,83	7	
<b>TOTAL</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>9</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>217,43</b>	<b>70</b>	

De la figura de arriba, se observa que a diferencia de los DAP's anteriores, este proceso no contiene 2 actividades, en comparación a los otros que, si las tiene, los cuales



son: Traslado de la materia prima al área de molino y el proceso de molienda. Por otra parte, se han identificado como actividades que agregan valor: 6 operaciones, 2 inspecciones, 3 actividades combinadas y como actividades que no agregan valor tenemos: 9 transportes, 1 demora y 1 almacenaje. El resumen de las actividades se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 11**

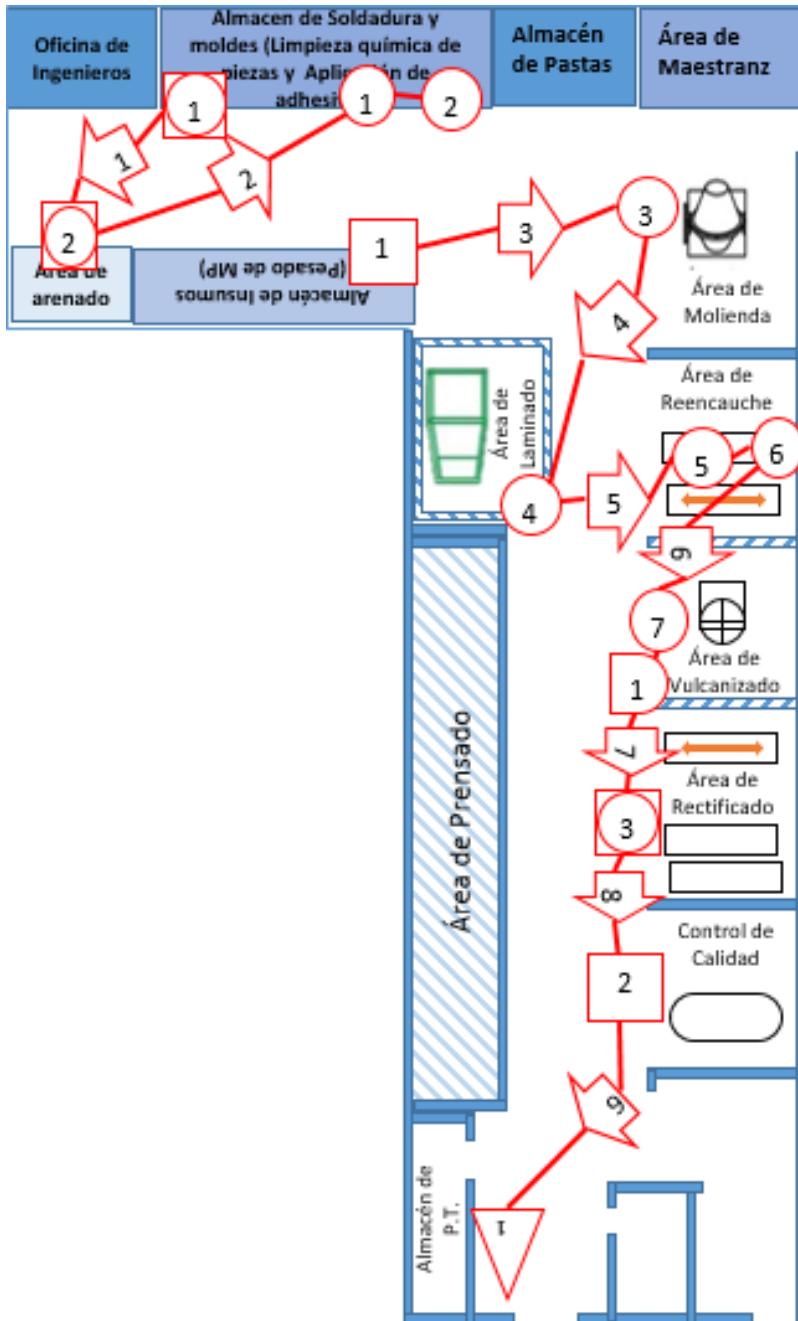
*Resumen DAP Reencauche de Rodillo Tipo Silicona*

ACTIVIDAD	SIMBOLO	ACTUAL		
		Cant.	Tiempo	Dist.
Operación	○	6	120,4	
Inspección	□	2	7,2	
Activ./Combinada	◻	3	37,8	
Transporte	➡	9	3,0	70
Demora	⊔	1	45,3	
Almacenamiento	▽	1	3,8	
<b>TOTAL</b>		<b>22</b>	<b>217,43</b>	<b>70</b>

Adicionalmente, se presenta una vista de la planta del área de producción donde se observa, reprocesos en el desplazamiento de las actividades.

**Figura 12**

*Diagrama de Recorrido de Reencauche de Rodillos*



### 3.2.2. Estudio de Tiempos

#### 3.2.2.1. Tiempo Observado

Para el estudio de tiempos, se tomarán las actividades del proceso, identificados en el DAP, previo a esto, se calculó el número de observaciones mínimas por cada actividad para tener un estudio robusto.

**Tabla 12**

*Muestra para Observaciones de Estudio de Tiempos*

Observación	Tiempo (min.)
1	22,4
2	23,6
3	25,9
4	28,4
5	27,0
6	22,5
7	24,8
8	28,4
9	24,3
10	26,0
Media muestral	25,3
Desv. Estándar	2,194

Con estos datos aplicamos la siguiente ecuación para obtener el tamaño de muestra de las observaciones de cada operación del proceso a cronometrar del estudio de tiempos.

$$n = \left( \frac{Z \times s}{h \times \bar{X}} \right)^2$$

$$n = \left[ \frac{1.96 \times 2.194}{0.05 \times 25.3} \right]^2$$

$$n = \left[ \frac{4.301}{1.267} \right]^2$$

$$n = 11.53 \cong$$

12 observaciones aproximadamente

Se tiene que aproximadamente se requiere 12 observaciones para cada actividad

**Tabla 13**

*Tiempo Observado de Rodillo Tipo Nitrilo*

Descripción del Trabajo	Registro de tiempos (min.)												Tiempo Observ. (min.)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1 Traslado de tubos metálicos al área de limpieza	0,19	0,19	0,21	0,31	0,29	0,22	0,18	0,24	0,22	0,32	0,26	0,41	0,25
2 Limpieza química del tubo de metal	5,0	4,6	5,2	4,0	4,2	4,9	5,0	4,1	4,9	4,2	5,0	4,4	4,60
3 Traslado del tubo al área de arenado	0,30	0,33	0,46	0,36	0,31	0,24	0,24	0,45	0,41	0,28	0,39	0,19	0,33
4 Eliminación del óxido del tubo metálico	3,62	3,86	3,93	3,17	4,91	3,28	4,38	3,46	5,66	6,24	4,07	6,57	4,43
5 Traslado del tubo al área de adhesivo	0,1	0,17	0,16	0,15	0,23	0,18	0,15	0,19	0,23	0,14	0,11	0,1	0,16
6 Aplicación Adhesivo 220	2,46	2,8	2,23	2,28	3,07	2,52	2,4	3,32	2,77	2,27	3,25	2,08	2,62
7 Aplicación Adhesivo 205	2,37	2,92	3,31	2,46	3,37	2,13	2,38	3,25	2,29	2,71	2,45	2,29	2,66
8 Pesado de la materia prima	0,86	0,85	0,84	1,12	1,30	1,40	0,95	0,82	1,01	0,99	1,05	1,11	1,03
9 Traslado de la materia prima al área de molino	0,15	0,16	0,31	0,33	0,33	0,19	0,15	0,18	0,16	0,26	0,17	0,3	0,22
10 Proceso de la molienda	11,63	11,81	10,57	9,9	12,9	10,84	9,82	12,47	10,02	9,07	10,84	11,3	10,93
11 Traslado de la pasta de caucho al área de laminado	0,39	0,41	0,46	0,34	0,41	0,36	0,34	0,47	0,3	0,4	0,37	0,3	0,38
12 Proceso de laminado	11,2	8,85	8,56	12,52	8,84	10,68	10,2	10,35	9,75	9,32	8,54	11,13	10,00
13 Traslado del caucho laminado al área de reencauche	0,19	0,19	0,16	0,18	0,17	0,34	0,17	0,19	0,25	0,23	0,18	0,25	0,21
14 Proceso de reencauche al tubo metálico	23,85	22,8	18,66	18,64	18,66	22,95	18,46	21,06	23,15	18,47	23,09	18,16	20,66
15 Vendaje del tubo/rodillo reencauchado	9,93	9,56	12,61	11,16	9,37	8,89	9,68	13,67	10,24	12	8,78	15,2	10,92
16 Traslado del rodillo al área de vulcanizado	0,24	0,25	0,28	0,29	0,28	0,18	0,2	0,19	0,24	0,29	0,31	0,29	0,25
17 Proceso de vulcanizado	65,16	64,63	66,19	67,28	69,55	64,25	63,03	64	68,18	61,14	59,49	67,22	65,01
18 Enfriado del rodillo	44,16	45,16	46,56	46,67	43,19	48,87	46,32	44,41	46,3	44,25	46,61	46,28	45,73
19 Traslado del rodillo al área de rectificado y acabado	0,21	0,17	0,19	0,09	0,16	0,09	0,19	0,1	0,19	0,15	0,13	0,09	0,15
20 Rectificado y acabado del rodillo	15,52	17,82	16,86	17,41	17,81	19,52	16,68	18,86	17,37	15,35	19,54	17,72	17,54
21 Traslado del rodillo al área de control de calidad	0,39	0,39	0,45	0,53	0,54	0,4	0,56	0,4	0,43	0,4	0,56	0,53	0,47
22 Control de calidad del rodillo	3,63	4,44	3,76	4,36	3,6	4,36	3,4	4,45	4,24	4,27	4,21	4,21	4,08
23 Traslado al almacén de productos terminados	0,19	0,2	0,2	0,19	0,22	0,18	0,23	0,21	0,21	0,21	0,21	0,24	0,21
24 Almacenaje del rodillo	3,03	3,14	3,22	3,04	3,1	2,41	2,92	2,91	3,29	3,06	3,12	2,95	3,02
<b>Total</b>	<b>205,8</b>	<b>207,7</b>	<b>208,4</b>	<b>210,8</b>	<b>211,8</b>	<b>215,4</b>	<b>205</b>	<b>217,7</b>	<b>220,8</b>	<b>206</b>	<b>213,7</b>	<b>225,3</b>	<b>205,85</b>

**Tabla 14**

*Tiempo Observado de Rodillo tipo Natural*

Descripción del Trabajo	Registro de tiempos (min.)												Tiempo Observ. (min.)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1 Traslado de tubos metálicos al área de limpieza	0,26	0,21	0,21	0,28	0,29	0,22	0,18	0,24	0,22	0,29	0,26	0,37	0,25
2 Limpieza química del tubo de metal	5,0	5,3	5,2	4,2	4,1	4,9	5,0	5,1	4,7	5,8	5,0	5,4	4,96
3 Traslado del tubo al área de arenado	0,30	0,33	0,46	0,36	0,31	0,24	0,24	0,45	0,41	0,28	0,39	0,19	0,33
4 Eliminación del óxido del tubo metálico	4,33	5,5	5,52	5,6	5,19	5,77	5,11	6,21	5,65	4,87	5,37	4,1	5,27
5 Traslado del tubo al área de adhesivo	0,13	0,17	0,16	0,15	0,18	0,24	0,17	0,19	0,21	0,14	0,11	0,16	0,17
6 Aplicación Adhesivo 220	2,67	2,72	2,98	2,76	2,41	2,09	2,69	2,6	2,37	2,19	2,88	2,35	2,56
7 Aplicación Adhesivo 205	2,1	2,45	2,44	2,03	2,05	2,61	2,33	2,62	2,31	2,68	2,5	2,22	2,36
8 Pesado de la materia prima	0,96	0,91	0,85	1,12	1,20	1,30	0,95	0,92	1,01	0,99	1,15	1,01	1,03
9 Traslado de la materia prima al área de molino	0,15	0,16	0,28	0,31	0,25	0,2	0,19	0,18	0,16	0,26	0,17	0,29	0,22
10 Proceso de la molienda	7,36	8,89	8,7	9,04	7,77	7,93	8	8,92	8,9	7,53	7,75	7,42	8,18
11 Traslado de la pasta de caucho al área de laminado	0,38	0,44	0,45	0,34	0,38	0,36	0,34	0,47	0,3	0,4	0,37	0,3	0,38
12 Proceso de laminado	8,2	8,85	8,56	12,52	8,84	8,68	10,2	9,35	9,75	9,32	8,54	8,13	9,25
13 Traslado del caucho laminado al área de reencauche	0,21	0,18	0,2	0,17	0,19	0,24	0,19	0,19	0,23	0,23	0,18	0,25	0,21
14 Proceso de reencauche al tubo metálico	19,25	18,32	18,93	19,33	18,35	20,19	19,03	17,19	19,21	19,15	18,92	19,9	18,98
15 Vendaje del tubo/rodillo reencauchado	10,87	12,11	10,17	12,7	9,14	11,28	11,14	13,85	12,8	14,7	11,81	11,86	11,87
16 Traslado del rodillo al área de vulcanizado	0,24	0,25	0,28	0,29	0,28	0,18	0,2	0,19	0,24	0,29	0,31	0,29	0,25
17 Proceso de vulcanizado	56,76	60,73	63,19	62,28	64,55	62,25	62,03	59,75	62,18	66,14	63,49	64,42	62,31
18 Enfriado del rodillo	40,16	47,16	46,56	46,67	47,19	48,87	46,32	41,11	46,3	44,25	46,61	48,98	45,85
19 Traslado del rodillo al área de rectificado y acabado	0,21	0,17	0,19	0,09	0,16	0,09	0,19	0,1	0,19	0,15	0,13	0,09	0,15
20 Rectificado y acabado del rodillo	16,41	14,08	14,99	17,15	17,64	17,81	15,59	17,43	17,92	16,74	17,56	15,99	16,61
21 Traslado del rodillo al área de control de calidad	0,39	0,39	0,45	0,53	0,54	0,4	0,56	0,4	0,43	0,4	0,56	0,53	0,47
22 Control de calidad del rodillo	4,63	4,84	4,76	4,26	5,6	4,86	4,48	5,45	4,24	4,27	4,21	4,61	4,68
23 Traslado al almacén de productos terminados	0,19	0,2	0,2	0,245	0,22	0,38	0,23	0,21	0,21	0,21	0,21	0,24	0,23
24 Almacenaje del rodillo	3,53	3,14	3,25	3,44	3,5	3,41	2,82	2,91	3,09	3,06	3,12	2,95	3,19
<b>Total</b>	<b>185,7</b>	<b>199,5</b>	<b>202</b>	<b>209,9</b>	<b>205,3</b>	<b>210,5</b>	<b>205,2</b>	<b>204</b>	<b>212</b>	<b>214,3</b>	<b>212,6</b>	<b>214,1</b>	<b>199,74</b>

**Tabla 15**

*Tiempo Observado de Rodillo tipo Silicona*

Descripción del Trabajo	Registro de tiempos (min.)												Tiempo Observ. (min.)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1 Traslado de tubos metálicos al área de limpieza	0,19	0,19	0,21	0,31	0,29	0,22	0,18	0,24	0,22	0,32	0,26	0,41	0,25
2 Limpieza química del tubo de metal	5,0	5,6	5,2	4,0	6,2	4,9	5,0	5,1	4,9	5,2	5,0	4,4	5,02
3 Traslado del tubo al área de arenado	0,30	0,33	0,46	0,36	0,31	0,24	0,24	0,45	0,41	0,28	0,39	0,19	0,33
4 Eliminación del óxido del tubo metálico	4,21	4,8	4,12	6,5	5,19	5,77	4,11	4,11	5,65	6,67	5,37	5,1	5,13
5 Traslado del tubo al área de adhesivo	0,1	0,17	0,16	0,15	0,23	0,18	0,15	0,19	0,23	0,14	0,11	0,1	0,16
6 Aplicación Adhesivo 220	3,46	2,8	2,23	3,28	3,07	2,52	3,4	3,32	2,77	3,27	3,25	3,08	3,04
7 Aplicación Adhesivo 205	2,55	2,92	3,31	3,46	3,37	3,13	3,38	3,25	3,29	2,71	2,35	2,29	3,00
8 Pesado de la materia prima	0,86	0,85	0,84	1,12	1,30	1,40	0,95	0,82	1,01	0,99	1,25	1,11	1,04
9 Traslado de la pasta de caucho al área de laminado	0,39	0,41	0,46	0,34	0,41	0,36	0,34	0,47	0,3	0,4	0,37	0,3	0,38
10 Proceso de laminado	7,2	8,85	7,56	8,52	8,84	8,68	8,2	8,35	7,75	7,32	8,54	9,13	8,25
11 Traslado del caucho laminado al área de reencauche	0,19	0,19	0,16	0,18	0,17	0,34	0,17	0,19	0,25	0,23	0,18	0,25	0,21
12 Proceso de reencauche al tubo metálico	12,79	15,34	16,38	14,14	16,96	13,18	11,65	15,73	17,95	16,1	17,62	17,3	15,43
13 Vendaje del tubo/rodillo reencauchado	10,3	9,57	10,02	12	10,47	9,49	11,53	10,06	11,42	11,54	10,68	10,87	10,66
14 Traslado del rodillo al área de vulcanizado	0,24	0,25	0,28	0,29	0,28	0,18	0,2	0,19	0,24	0,29	0,31	0,29	0,25
15 Proceso de vulcanizado	59,16	61,63	61,19	59,28	59,55	62,25	62,03	57	60,18	61,14	57,49	59,22	60,01
16 Enfriado del rodillo	48,11	44,16	46,56	46,67	42,59	48,87	44,32	44,81	46,3	41,25	45,86	43,78	45,27
17 Traslado del rodillo al área de rectificado y acabado	0,21	0,17	0,19	0,09	0,16	0,09	0,19	0,1	0,19	0,15	0,13	0,09	0,15
18 Rectificado y acabado del rodillo	15,58	16,39	15,47	12,06	12,74	18,32	16,73	15,79	13,61	15,36	11,45	11,41	14,58
19 Traslado del rodillo al área de control de calidad	0,39	0,39	0,45	0,53	0,54	0,4	0,56	0,4	0,43	0,4	0,56	0,53	0,47
20 Control de calidad del rodillo	3,63	4,44	3,76	4,36	3,6	4,36	3,4	4,45	4,24	4,27	4,21	4,61	4,11
21 Traslado al almacén de productos terminados	0,19	0,2	0,2	0,19	0,22	0,18	0,23	0,21	0,21	0,21	0,21	0,24	0,21
22 Almacenaje del rodillo	3,13	3,04	3,05	3,04	3,5	2,41	2,52	2,91	3,29	3,06	3,12	2,95	3,00
<b>Total</b>	<b>179,2</b>	<b>184,7</b>	<b>185,3</b>	<b>184,9</b>	<b>184,9</b>	<b>193,4</b>	<b>186,5</b>	<b>186,1</b>	<b>193,8</b>	<b>191,3</b>	<b>189,7</b>	<b>189,7</b>	<b>180,94</b>

### 3.2.2.2. Tiempo Normal

Según el sistema de Westinghouse, los analistas calificaron el desempeño de los operarios que realizan cada actividad, estas calificaciones se consideran como un porcentaje adicional que se aplica al tiempo observado antes calculado para cada tipo de rodillo y se muestran a continuación en las siguientes tablas.

**Tabla 16**

*Factor de Calificación de Desempeño de Rodillo Tipo Nitrilo*

Descripción del Trabajo	Tiempo Obs. (min.)	Calif. de Desempeño*				Factor de Calific.	Tiempo Normal (min.)
		HB	EF	CD	CT		
1 Traslado de tubos metálicos al área de limpieza	0,25	0,11	0,00	0,02	0,01	1,14	0,29
2 Limpieza química del tubo de metal	4,60	0,11	0,05	-0,03	-0,02	1,11	5,11
3 Traslado del tubo al área de arenado	0,33	0,00	0,05	0,02	0,00	1,07	0,35
4 Eliminación del óxido del tubo metálico	4,43	0,11	0,05	0,04	0,01	1,21	5,36
5 Traslado del tubo al área de adhesivo	0,16	0,00	0,05	0,02	0,00	1,07	0,17
6 Aplicación Adhesivo 220	2,62	0,08	0,10	0,02	0,01	1,21	3,17
7 Aplicación Adhesivo 205	2,66	0,08	0,10	0,02	0,01	1,21	3,22
8 Pesado de la materia prima	1,03	0,11	0,10	0,04	0,01	1,26	1,29
9 Traslado de la materia prima al área de molino	0,22	0,00	0,05	0,02	0,00	1,07	0,24
10 Proceso de la molienda	10,93	0,12	0,12	0,02	0,01	1,27	13,88
11 Traslado de la pasta de caucho al área de laminado	0,38	0,00	0,05	0,02	0,00	1,07	0,41
12 Proceso de laminado	10,00	0,12	0,12	0,04	0,01	1,29	12,89
13 Traslado del caucho laminado al área de reencauche	0,21	0,00	0,05	0,02	0,00	1,07	0,22
14 Proceso de reencauche al tubo metálico	20,66	0,11	0,10	0,04	0,01	1,26	26,03
15 Vendaje del tubo/rodillo reencauchado	10,92	0,08	0,05	-0,03	0,00	1,10	12,02
16 Traslado del rodillo al área de vulcanizado	0,25					1,00	0,25
17 Proceso de vulcanizado	65,01					1,00	65,01
18 Enfriado del rodillo	45,73					1,00	45,73
19 Traslado del rodillo al área de rectificado y acabado	0,15					1,00	0,15
20 Rectificado y acabado del rodillo	17,54	0,08	0,08	0,02	0,01	1,19	20,87
21 Traslado del rodillo al área de control de calidad	0,47					1,00	0,47
22 Control de calidad del rodillo	4,08	0,06	0,08	0,00	0,00	1,14	4,65
23 Traslado al almacén de productos terminados	0,21					1,00	0,21
24 Almacenaje del rodillo	3,02	0,06	0,02	0,02	0,01	1,11	3,35
<b>Total</b>	<b>205,85</b>					<b>1,12</b>	<b>225,34</b>

Nota: (\*) Habilidades (HB), Esfuerzo (EF), Condiciones (CD), Consistencia (CT)

**Tabla 17**

*Factor de Calificación de Desempeño de Rodillo Tipo Natural*

Descripción del Trabajo	Tiempo Obs. (min.)	Calif. de Desempeño				Factor de Calific.	Tiempo Normal (min.)
		HB	EF	CD	CT		
1 Traslado de tubos metálicos al área de limpieza	0,25	0,11	0,00	0,02	0,01	1,14	0,29
2 Limpieza química del tubo de metal	4,96	0,11	0,05	-0,03	-0,02	1,11	5,50
3 Traslado del tubo al área de arenado	0,33	0,00	0,05	0,02	0,00	1,07	0,35
4 Eliminación del óxido del tubo metálico	5,27	0,11	0,05	0,04	0,01	1,21	6,37
5 Traslado del tubo al área de adhesivo	0,17	0,00	0,05	0,02	0,00	1,07	0,18
6 Aplicación Adhesivo 220	2,56	0,08	0,10	0,02	0,01	1,21	3,10
7 Aplicación Adhesivo 205	2,36	0,08	0,10	0,02	0,01	1,21	2,86
8 Pesado de la materia prima	1,03	0,11	0,10	0,04	0,01	1,26	1,30
9 Traslado de la materia prima al área de molino	0,22	0,00	0,05	0,02	0,00	1,07	0,23
10 Proceso de la molienda	8,18	0,08	0,08	0,02	0,00	1,18	9,66
11 Traslado de la pasta de caucho al área de laminado	0,38	0,00	0,05	0,02	0,00	1,07	0,40
12 Proceso de laminado	9,25	0,12	0,12	0,04	0,01	1,29	11,93
13 Traslado del caucho laminado al área de reencauche	0,21	0,00	0,05	0,02	0,00	1,07	0,22
14 Proceso de reencauche al tubo metálico	18,98	0,08	0,10	0,04	0,01	1,23	23,35
15 Vendaje del tubo/rodillo reencauchado	11,87	0,08	0,05	-0,03	0,00	1,10	13,06
16 Traslado del rodillo al área de vulcanizado	0,25					1,00	0,25
17 Proceso de vulcanizado	62,31					1,00	62,31
18 Enfriado del rodillo	45,85					1,00	45,85
19 Traslado del rodillo al área de rectificado y acabado	0,15					1,00	0,15
20 Rectificado y acabado del rodillo	16,61	0,08	0,08	0,02	0,01	1,19	19,76
21 Traslado del rodillo al área de control de calidad	0,47					1,00	0,47
22 Control de calidad del rodillo	4,68	0,06	0,08	0,00	0,00	1,14	5,34
23 Traslado al almacén de productos terminados	0,23					1,00	0,23
24 Almacenaje del rodillo	3,19	0,06	0,02	0,02	0,01	1,11	3,54
<b>Total</b>	<b>199,74</b>					<b>1,11</b>	<b>216,69</b>

Nota: (\*) Habilidades (HB), Esfuerzo (EF), Condiciones (CD), Consistencia (CT)



**Tabla 18**

*Factor de Calificación de Desempeño de Rodillo Tipo Silicona*

	Descripción del Trabajo	Tiempo Obs. (min.)	Calif. de Desempeño				Factor de Calif.	Tiempo Normal (min.)
			HB	EF	CD	CT		
1	Traslado de tubos metálicos al área de limpieza	0,25	0,11	0,00	0,02	0,01	1,14	0,29
2	Limpieza química del tubo de metal	5,02	0,11	0,05	-0,03	-0,02	1,11	5,57
3	Traslado del tubo al área de arenado	0,33	0,00	0,05	0,02	0,00	1,07	0,35
4	Eliminación del óxido del tubo metálico	5,13	0,11	0,05	0,04	0,01	1,21	6,21
5	Traslado del tubo al área de adhesivo	0,16	0,00	0,05	0,02	0,00	1,07	0,17
6	Aplicación Adhesivo 220	3,04	0,08	0,10	0,02	0,01	1,21	3,68
7	Aplicación Adhesivo 205	3,00	0,08	0,10	0,02	0,01	1,21	3,63
8	Pesado de la materia prima	1,04	0,11	0,10	0,04	0,01	1,26	1,31
9	Traslado de la pasta de caucho al área de laminado	0,38	0,00	0,05	0,02	0,00	1,07	0,41
10	Proceso de laminado	8,25	0,12	0,12	0,04	0,01	1,29	10,64
11	Traslado del caucho laminado al área de reencauche	0,21	0,00	0,05	0,02	0,00	1,07	0,22
12	Proceso de reencauche al tubo metálico	15,43	0,13	0,10	0,04	0,01	1,28	19,75
13	Vendaje del tubo/rodillo reencauchado	10,66	0,11	0,08	-0,03	0,00	1,16	12,37
14	Traslado del rodillo al área de vulcanizado	0,25					1,00	0,25
15	Proceso de vulcanizado	60,01					1,00	60,01
16	Enfriado del rodillo	45,27					1,00	45,27
17	Traslado del rodillo al área de rectificado y acabado	0,15					1,00	0,15
18	Rectificado y acabado del rodillo	14,58	0,08	0,08	0,02	0,01	1,19	17,35
19	Traslado del rodillo al área de control de calidad	0,47					1,00	0,47
20	Control de calidad del rodillo	4,11	0,06	0,08	0,00	0,00	1,14	4,69
21	Traslado al almacén de productos terminados	0,21					1,00	0,21
22	Almacenaje del rodillo	3,00	0,06	0,02	0,02	0,01	1,11	3,33
<b>Total</b>		<b>180,94</b>					<b>1,12</b>	<b>196,31</b>

Nota: (\*) Habilidades (HB), Esfuerzo (EF), Condiciones (CD), Consistencia (CT)

### 3.2.2.3. Tiempo Estándar

El sistema Westinghouse considera calificación de holguras o suplementos, que se realizará de forma general para todo el proceso, para luego calcular el tiempo estándar, estos suplementos se dividen en dos partes: suplementos constantes y variables. Ver anexo 05.

$$TE = TN \times (1 + \text{Suplementos})$$

**Tabla 19**

*Calificación de Holguras o Suplementos*

Descripción del Trabajo	Constantes						Variables						Suplementos u Holguras
	NP	F	TP	PA	LP	IL	CA	TV	TA	TM	MM	MF	
1 Traslado de tubos metálicos al área de limpieza	0,05	0,04	0,02		0,19					0,01	0,04		1,35
2 Limpieza química del tubo de metal	0,05	0,04	0,02	0,02			0,02		0,01	0,04	0,02		1,22
3 Traslado del tubo al área de arenado	0,05	0,04	0,02		0,19				0,01	0,04			1,35
4 Eliminación del óxido del tubo metálico	0,05	0,04	0,02				0,05	0,02	0,05	0,01	0,04	0,02	1,30
5 Traslado del tubo al área de adhesivo	0,05	0,04	0,02		0,19				0,01	0,04			1,35
6 Aplicación Adhesivo 220	0,05	0,04	0,02						0,01	0,04			1,16
7 Aplicación Adhesivo 205	0,05	0,04	0,02						0,01	0,04			1,16
8 Pesado de la materia prima	0,05	0,04	0,02		0,1		0,05		0,01	0,01	0,02		1,30
9 Traslado de la materia prima al área de molino	0,05	0,04	0,02		0,1				0,04	0,01	0,05		1,31
10 Proceso de la molienda	0,05	0,04	0,02				0,05		0,02	0,01	0,04		1,23
11 Traslado de la pasta de caucho al área de laminado	0,05	0,04	0,02		0,1				0,01				1,22
12 Proceso de laminado	0,05	0,04	0,02		0,1			0,02	0,01	0,04	0,02		1,30
13 Traslado del caucho laminado al área de reencauche	0,05	0,04	0,02	0,02	0,1					0,04	0,02		1,29
14 Proceso de reencauche al tubo metálico	0,05	0,04	0,02		0,1		0,05		0,01	0,04			1,31
15 Vendaje del tubo/rodillo reencauchado	0,05	0,04	0,02	0,02			0,05	0,02	0,01		0,02		1,23
16 Traslado del rodillo al área de vulcanizado													1,00
17 Proceso de vulcanizado													1,00
18 Enfriado del rodillo													1,00
19 Traslado del rodillo al área de rectificado y acabado													1,00
20 Rectificado y acabado del rodillo	0,05	0,04	0,02	0,02			0,05	0,05	0,02	0,01	0,04	0,02	1,32
21 Traslado del rodillo al área de control de calidad													1,00
22 Control de calidad del rodillo	0,05	0,04	0,02						0,08		0,02		1,21
23 Traslado al almacén de productos terminados													1,00
24 Almacenaje del rodillo	0,05	0,04	0,02						0,04				1,15
<b>Total</b>													<b>1,20</b>

NP: Necesidades personales, F: Fatiga, TP: Trabajo de pie, PA: Postura anormal, LP: Levantamiento de pesos, IL: Intensidad de luz, CA:

Calidad del aire, TV: Tensión visual, TA: Tensión auditiva, TM: Tensión mental, MM: Monotonía mental, MF: Monotonía física

**Tabla 20**

*Tiempo Estándar de Rodillo Tipo Nitrilo*

Descripción del Trabajo	Tiempo Prom. (min.)	Factor de Calific.	Tiempo Normal (min.)	Suplem. u Holguras	Tiempo Estándar (min.)
1 Traslado de tubos metálicos al área de limpieza	0,25	1,14	0,29	1,35	0,39
2 Limpieza química del tubo de metal	4,60	1,11	5,11	1,22	6,23
3 Traslado del tubo al área de arenado	0,33	1,07	0,35	1,35	0,48
4 Eliminación del óxido del tubo metálico	4,43	1,21	5,36	1,30	6,97
5 Traslado del tubo al área de adhesivo	0,16	1,07	0,17	1,35	0,23
6 Aplicación Adhesivo 220	2,62	1,21	3,17	1,16	3,68
7 Aplicación Adhesivo 205	2,66	1,21	3,22	1,16	3,73
8 Pesado de la materia prima	1,03	1,26	1,29	1,30	1,68
9 Traslado de la materia prima al área de molino	0,22	1,07	0,24	1,31	0,31
10 Proceso de la molienda	10,93	1,27	13,88	1,23	17,08
11 Traslado de la pasta de caucho al área de laminado	0,38	1,07	0,41	1,22	0,49
12 Proceso de laminado	10,00	1,29	12,89	1,30	16,76
13 Traslado del caucho laminado al área de reencauche	0,21	1,07	0,22	1,29	0,29
14 Proceso de reencauche al tubo metálico	20,66	1,26	26,03	1,31	34,11
15 Vendaje del tubo/rodillo reencauchado	10,92	1,10	12,02	1,23	14,78
16 Traslado del rodillo al área de vulcanizado	0,25	1,00	0,25	1,00	0,25
17 Proceso de vulcanizado	65,01	1,00	65,01	1,00	65,01
18 Enfriado del rodillo	45,73	1,00	45,73	1,00	45,73
19 Traslado del rodillo al área de rectificado y acabado	0,15	1,00	0,15	1,00	0,15
20 Rectificado y acabado del rodillo	17,54	1,19	20,87	1,32	27,55
21 Traslado del rodillo al área de control de calidad	0,47	1,00	0,47	1,00	0,47
22 Control de calidad del rodillo	4,08	1,14	4,65	1,21	5,62
23 Traslado al almacén de productos terminados	0,21	1,00	0,21	1,00	0,21
24 Almacenaje del rodillo	3,02	1,11	3,35	1,15	3,85
<b>Total</b>	<b>205,85</b>	<b>1,12</b>	<b>225,34</b>	<b>1,20</b>	<b>256,04</b>

**Tabla 21**

*Tiempo Estándar de Rodillo Tipo Natural*

Descripción del Trabajo	Tiempo Prom. (min.)	Factor de Calific.	Tiempo Normal (min.)	Suplem. u Holguras	Tiempo Estándar (min.)
1 Traslado de tubos metálicos al área de limpieza	0,25	1,14	0,29	1,35	0,39
2 Limpieza química del tubo de metal	4,96	1,11	5,50	1,22	6,71
3 Traslado del tubo al área de arenado	0,33	1,07	0,35	1,35	0,48
4 Eliminación del óxido del tubo metálico	5,27	1,21	6,37	1,30	8,29
5 Traslado del tubo al área de adhesivo	0,17	1,07	0,18	1,35	0,24
6 Aplicación Adhesivo 220	2,56	1,21	3,10	1,16	3,59
7 Aplicación Adhesivo 205	2,36	1,21	2,86	1,16	3,31
8 Pesado de la materia prima	1,03	1,26	1,30	1,30	1,69
9 Traslado de la materia prima al área de molino	0,22	1,07	0,23	1,31	0,30
10 Proceso de la molienda	8,18	1,18	9,66	1,23	11,88
11 Traslado de la pasta de caucho al área de laminado	0,38	1,07	0,40	1,22	0,49
12 Proceso de laminado	9,25	1,29	11,93	1,30	15,50
13 Traslado del caucho laminado al área de reencauche	0,21	1,07	0,22	1,29	0,28
14 Proceso de reencauche al tubo metálico	18,98	1,23	23,35	1,31	30,58
15 Vendaje del tubo/rodillo reencauchado	11,87	1,10	13,06	1,23	16,06
16 Traslado del rodillo al área de vulcanizado	0,25	1,00	0,25	1,00	0,25
17 Proceso de vulcanizado	62,31	1,00	62,31	1,00	62,31
18 Enfriado del rodillo	45,85	1,00	45,85	1,00	45,85

Continuación tabla 20

Descripción del Trabajo	Tiempo Prom. (min.)	Factor de Calific.	Tiempo Normal (min.)	Suplem. u Holguras	Tiempo Estándar (min.)
19 Traslado del rodillo al área de rectificado y acabado	0,15	1,00	0,15	1,00	0,15
20 Rectificado y acabado del rodillo	16,61	1,19	19,76	1,32	26,09
21 Traslado del rodillo al área de control de calidad	0,47	1,00	0,47	1,00	0,47
22 Control de calidad del rodillo	4,68	1,14	5,34	1,21	6,46
23 Traslado al almacén de productos terminados	0,23	1,00	0,23	1,00	0,23
24 Almacenaje del rodillo	3,19	1,11	3,54	1,15	4,07
<b>Total</b>	<b>199,74</b>	<b>1,11</b>	<b>216,69</b>	<b>1,20</b>	<b>245,68</b>

**Tabla 22**

*Tiempo Estándar de Rodillo Tipo Silicona*

Descripción del Trabajo	Tiempo Prom. (min.)	Factor de Calific.	Tiempo Normal (min.)	Suplem. u Holguras	Tiempo Estándar (min.)
1 Traslado de tubos metálicos al área de limpieza	0,25	1,14	0,29	1,35	0,39
2 Limpieza química del tubo de metal	5,02	1,11	5,57	1,22	6,80
3 Traslado del tubo al área de arenado	0,33	1,07	0,35	1,35	0,48
4 Eliminación del óxido del tubo metálico	5,13	1,21	6,21	1,30	8,07
5 Traslado del tubo al área de adhesivo	0,16	1,07	0,17	1,35	0,23
6 Aplicación Adhesivo 220	3,04	1,21	3,68	1,16	4,26
7 Aplicación Adhesivo 205	3,00	1,21	3,63	1,16	4,21
8 Pesado de la materia prima	1,04	1,26	1,31	1,20	1,58
9 Traslado de la pasta de caucho al área de laminado	0,38	1,07	0,41	1,22	0,49
10 Proceso de laminado	8,25	1,29	10,64	1,20	12,76
11 Traslado del caucho laminado al área de reencauche	0,21	1,07	0,22	1,29	0,29
12 Proceso de reencauche al tubo metálico	15,43	1,28	19,75	1,21	23,90
13 Vendaje del tubo/rodillo reencauchado	10,66	1,16	12,37	1,23	15,21
14 Traslado del rodillo al área de vulcanizado	0,25	1,00	0,25	1,00	0,25
15 Proceso de vulcanizado	60,01	1,00	60,01	1,00	60,01
16 Enfriado del rodillo	45,27	1,00	45,27	1,00	45,27
17 Traslado del rodillo al área de rectificado y acabado	0,15	1,00	0,15	1,00	0,15
18 Rectificado y acabado del rodillo	14,58	1,19	17,35	1,32	22,90
19 Traslado del rodillo al área de control de calidad	0,47	1,00	0,47	1,00	0,47
20 Control de calidad del rodillo	4,11	1,14	4,69	1,21	5,67
21 Traslado al almacén de productos terminados	0,21	1,00	0,21	1,00	0,21
22 Almacenaje del rodillo	3,00	1,11	3,33	1,15	3,83
<b>Total</b>	<b>180,94</b>	<b>1,12</b>	<b>196,31</b>	<b>1,18</b>	<b>217,43</b>

En resumen, se tiene que para el tipo de rodillo Nitrilo, el tiempo estándar es de 256,04 minutos por rodillo, para el tipo de rodillo Natural, el tiempo estándar es de 245,68 minutos por rodillo, por último, para el tipo de rodillo Silicona, se tiene un tiempo estándar de 217,43 minutos por rodillo. Para posteriores estudios tomaremos el promedio ponderado del tiempo estándar de los 3 tipos de rodillos, el cual es 243,04 minutos.

### 3.2.3. Balance de Línea

Como primer paso para el balance de línea se requiere agrupar las actividades del proceso por estaciones de trabajo en función al valor del tiempo estándar de cada estación de trabajo, así como por afinidad de áreas. Los resultados se muestran en las siguientes tablas.

**Tabla 23**

*Distribución de Estaciones de Trabajo*

Descripción del Trabajo	T.E. Nitrilo	T.E. Natural	T.E. Silicona	Estación de Trabajo
1 Traslado de tubos metálicos al área de limpieza	0,39	0,39	0,39	1
2 Limpieza química del tubo de metal	6,23	6,71	6,80	1
3 Traslado del tubo al área de arenado	0,48	0,48	0,48	1
4 Eliminación del óxido del tubo metálico	6,97	8,29	8,07	1
5 Traslado del tubo al área de adhesivo	0,23	0,24	0,23	1
6 Aplicación Adhesivo 220	3,68	3,59	4,26	1
7 Aplicación Adhesivo 205	3,73	3,31	4,21	1
8 Pesado de la materia prima	1,68	1,69	1,58	1
9 Traslado de la materia prima al área de molino	0,31	0,30		1
10 Proceso de la molienda	17,08	11,88		2
11 Traslado de la pasta de caucho al área de laminado	0,49	0,49	0,49	1
12 Proceso de laminado	16,76	15,50	12,76	2
13 Traslado del caucho laminado al área de reencauche	0,29	0,28	0,29	1
14 Proceso de reencauche al tubo metálico	34,11	30,58	23,90	2
15 Vendaje del tubo/rodillo reencauchado	14,78	16,06	15,21	3
16 Traslado del rodillo al área de vulcanizado	0,25	0,25	0,25	1
17 Proceso de vulcanizado	65,01	62,31	60,01	4
18 Enfriado del rodillo	45,73	45,85	45,27	5
19 Traslado del rodillo al área de rectificad y acabado	0,15	0,15	0,15	1
20 Rectificado y acabado del rodillo	27,55	26,09	22,90	5
21 Traslado del rodillo al área de control de calidad	0,47	0,47	0,47	1
22 Control de calidad del rodillo	5,62	6,46	5,67	5
23 Traslado al almacén de productos terminados	0,21	0,23	0,21	1
24 Almacenaje del rodillo	3,85	4,07	3,83	5
<b>Tiempo Estándar Total</b>	<b>256,04</b>	<b>245,68</b>	<b>217,43</b>	

**Tabla 24**

*Tiempo Estándar Ponderado por Estaciones de Trabajo*

Estaciones de Trabajo	T.E. Nitrilo	T.E. Natural	T.E. Silicona	Peso Nitrilo	Peso Natural	Peso Silicona	Prom. Ponderado
Estación 01	25,56	26,88	27,87	32%	33%	35%	26,80
Estación 02	67,94	57,97	36,66	42%	36%	23%	57,33
Estación 03	14,78	16,06	15,21	32%	35%	33%	15,37
Estación 04	65,01	62,31	60,01	35%	33%	32%	62,51
Estación 05	82,76	82,47	77,67	34%	34%	32%	81,03
							<b>243,04</b>

Para calcular el número de operarios óptimos, necesitamos el índice de producción calculado en el pre-test el cual es 63 rodillos/semana, el cual llevado a días es igual a 10,5 rodillos/día

Tiempo disponible de un operador (min)

*Jornada laboral: 8 horas/día*

$$8 \frac{\text{horas}}{\text{día}} - 0.5 \frac{\text{horas}}{\text{día}} = 7.5 \frac{\text{horas}}{\text{día}}$$

$$60 \frac{\text{min}}{\text{hora}} \times 7.5 \frac{\text{horas}}{\text{día}} = 450 \frac{\text{min}}{\text{día}}$$

Índice de Producción (Rbase)

$$Rbase = \frac{10.5 \frac{\text{rodillos}}{\text{día}}}{450 \frac{\text{min}}{\text{día}}} = 0.0233 \frac{\text{rodillos}}{\text{min}}$$

Seguidamente, se asigna el tiempo estándar a cada estación de trabajo y se identifica la estación cuello de botella del sistema, que para este caso es la estación 5 con 81,03 min/rodillo. El tiempo asignado (TA) iguala o equilibra todas las estaciones a la estación cuello de botella (estación 5).

**Tabla 25**

*Cálculo de Tiempo Asignado para el Balance de Línea*

Descripción del Trabajo	Tiempo Estándar (TS)	Tiempo Asignado (TA)	Nuevo Tiempo Asignado (NTA)
Estación 1	26,80	81,03	38,29
Estación 2	57,33	81,03	81,90
Estación 3	15,37	81,03	21,96
Estación 4	62,51	81,03	89,30
Estación 5	81,03	81,03	115,76
<b>Total</b>	<b>243,04</b>	<b>405,15</b>	<b>347,21</b>

A continuación, con una eficiencia planeada ( $e^1$ ) de 70.0%, se calcula la eficiencia

( $e$ ) del sistema actual:

$$e = \frac{\sum TS}{\sum TA} = \frac{243.04}{405.15} = 60.0\%$$

Se determina el nuevo tiempo asignado (NTA) en base a la eficiencia planeada,

como se muestra a continuación:

$$NTA = \frac{\sum TEi}{e^1} = \frac{243.04}{0.70} = 347.21$$

El siguiente paso es determinar el número de operarios (NO) del sistema actual,

con la siguiente formula:

$$NO = NTA_i / Rbase$$

**Tabla 26**

*Número de Operarios del Sistema Actual*

Descripción del Trabajo	Tiempo Estándar (TS)	Tiempo Asignado (TA)	Nuevo Tiempo Asignado (NTA)	Número de Operarios (NO)
Estación 1	26,80	81,03	38,29	0,9 1
Estación 2	57,33	81,03	81,90	1,9 2
Estación 3	15,37	81,03	21,96	0,5 1
Estación 4	62,51	81,03	89,30	2,1 2
Estación 5	81,03	81,03	115,76	2,7 2
<b>Total</b>	<b>243,04</b>	<b>405,15</b>	<b>347,21</b>	<b>8,1 8</b>

El sistema actual, trabaja con 8 operarios a una eficiencia del 60%, el siguiente paso es determinar los minutos asignados por estación de trabajo ( $MA_i$ ) y el nuevo índice de producción ( $R_i$ ) donde se evaluará si la línea esta balanceada con el siguiente criterio.

$$\boxed{Si, R_i \geq R_{base} \rightarrow La\ línea\ esta\ Balanceada}$$

$$MA_i = \frac{NTA_i}{NO_i} = \frac{38,29}{1} = 38,29$$

Calculado el MA1, se selecciona el de mayor valor como nuevo cuello de botella del sistema, que para el caso sigue siendo la estación 5 con un MA de 57,9 min/rodillo, a esta estación se adiciona 1 operario más.

**Tabla 27**

*Cálculo de Minutos Asignados (MA1) y Número de Operarios (NO1)*

Descripción del Trabajo	Tiempo Estándar (TS)	Tiempo Asignado (TA)	Nuevo Tiempo Asignado (NTA)	Número de Operarios (NO)	Minutos asig. (MA1)	Número de Oper. (NO1)
Estación 1	26,80	81,03	38,29	0,9	1	38,3
Estación 2	57,33	81,03	81,90	1,9	2	41,0
Estación 3	15,37	81,03	21,96	0,5	1	22,0
Estación 4	62,51	81,03	89,30	2,1	2	44,7
Estación 5	81,03	81,03	115,76	2,7	2	57,9
<b>Total</b>	<b>243,04</b>	<b>405,15</b>	<b>347,21</b>	<b>8,1</b>	<b>8</b>	<b>9</b>

Finalmente, para evaluar si la línea esta balanceada, debemos calcular nuevo índice de producción ( $R_1$ ) y compararlos con el índice de producción base ( $R_{base}$ ).

$$R_1 = \frac{1}{> MA_i} = \frac{1}{57,9} = 0,0173 \frac{rodillos}{min}$$

$$\boxed{Si, R_i \geq R_{base} \rightarrow La\ línea\ esta\ Balanceada}$$

Como  $R_1 = 0,0173$  es menor al  $R_{base} = 0,0233$ ; la línea no está balanceada. Se volverá a calcular los minutos asignados ( $MA_i$ ) y el nuevo índice de producción ( $R_i$ ) hasta que se cumpla la condición de línea balanceada.



**Tabla 28**

*Cálculo de Minutos Asignados (MA2) y Número de Operarios (NO2)*

Descripción del Trabajo	Tiempo Estándar (TS)	Tiempo Asignado (TA)	Nuevo Tiempo Asignado (NTA)	Número de Operarios (NO)	Minutos asig. (MA1)	Número de Oper. (NO1)	Minutos asig. (MA2)	Número de Oper. (NO2)
Estación 1	26,80	81,03	38,29	0,9	1	38,3	1	38,29
Estación 2	57,33	81,03	81,90	1,9	2	41,0	2	40,95
Estación 3	15,37	81,03	21,96	0,5	1	22,0	1	21,96
Estación 4	62,51	81,03	89,30	2,1	2	44,7	2	44,65
Estación 5	81,03	81,03	115,76	2,7	2	57,9	3	38,59
<b>Total</b>	<b>243,04</b>	<b>405,15</b>	<b>347,21</b>	<b>8,1</b>	<b>8</b>		<b>9</b>	<b>10</b>

El nuevo cuello de botella se ha desplazado a la estación 4, por lo que se convierte en el nuevo MAi donde se agregará otro operario.

$$R_2 = \frac{1}{> MAi} = \frac{1}{44.65} = 0.0224 \frac{\text{rodillos}}{\text{min}}$$

Como  $R_2 = 0.0224$  es menor al  $R_{base} = 0.0233$ ; la línea no está balanceada, por lo que se repetirá el paso anterior.

**Tabla 29**

*Cálculo de Minutos Asignados (MA3) y Número de Operarios (NO3)*

Estaciones de Trabajo	Tiempo Estándar (TS)	Tiempo Asignado (TA)	Nuevo Tiempo Asignado (NTA)	Número de Operarios (NO)	(MA1)	(NO1)	(MA2)	(NO2)	(MA3)	(NO3)
Estación 1	26,80	81,03	38,29	0,9	1	38,3	1	38,29	1	38,29
Estación 2	57,33	81,03	81,90	1,9	2	41,0	2	40,95	2	40,95
Estación 3	15,37	81,03	21,96	0,5	1	22,0	1	21,96	1	21,96
Estación 4	62,51	81,03	89,30	2,1	2	44,7	2	44,65	3	29,77
Estación 5	81,03	81,03	115,76	2,7	2	57,9	3	38,59	3	38,59
<b>Total</b>	<b>243,04</b>	<b>405,15</b>	<b>347,21</b>	<b>8,1</b>	<b>8</b>		<b>9</b>	<b>10</b>		<b>11</b>

El nuevo cuello de botella se ha desplazado a la estación 2, por lo que se convierte en el nuevo MAi donde se adicione otro operario al proceso.

$$R_3 = \frac{1}{> MAi} = \frac{1}{40.95} = 0.0244 \frac{\text{rodillos}}{\text{min}}$$

Como,  $R_3 = 0.0244$  es mayor al  $R_{base} = 0.0233$ ; por lo tanto, cumple la condición

y se determina que la línea esta balanceada con 11 operarios.

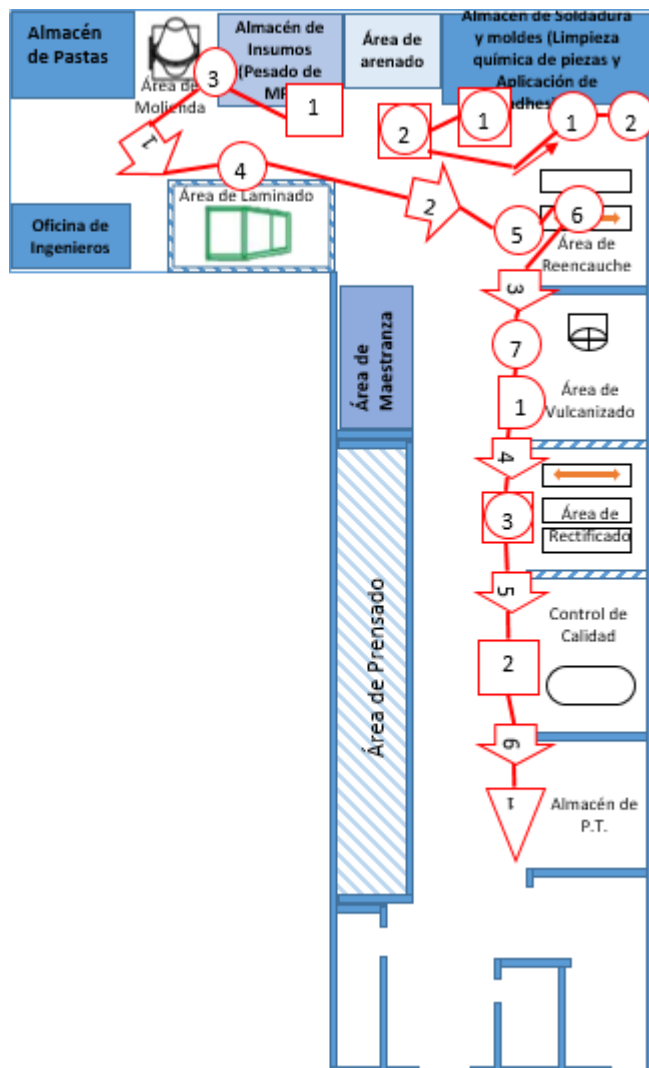
### 3.3. Post – Test

#### Ejecución de los resultados obtenidos al proponer una solución para el incremento de la productividad en la empresa reencauchadora de rodillos.

Luego de la aplicación del estudio de trabajo que corresponde al desarrollo del análisis de operaciones, estudio de tiempos y balance de línea, según el diseño metodológico se vuelve a medir la productividad para evaluar los cambios e impacto del estudio de trabajo. Como parte de la propuesta, se plantea una nueva distribución de áreas de trabajo, que permitirá reducir 04 desplazamientos en el flujo y se plantea además un sistema de enfriamiento por líquido refrigerante, que permitirá reducir significativamente la espera por enfriamiento.

**Figura 13**

*Diagrama de Recorrido Propuesto*



**Tabla 30**

*Resumen de Estudio de Tiempos (Post-test)*

Descripción del Trabajo	Tiempo Std. (Nitrilo)	Tiempo Std. (Natural)	Tiempo Std. (Silicona)
1 Traslado de tubos metálicos al área de limpieza	0,39	0,39	0,39
2 Limpieza química del tubo de metal	6,23	6,71	6,80
3 Eliminación del óxido del tubo metálico	6,97	8,29	8,07
4 Aplicación Adhesivo 220	3,68	3,59	4,26
5 Aplicación Adhesivo 205	3,73	3,31	4,21
6 Pesado de la materia prima	1,68	1,69	1,58
7 Proceso de la molienda	17,08	11,88	0,00
8 Traslado de la pasta de caucho al área de laminado	0,49	0,49	0,00
9 Proceso de laminado	16,76	15,50	12,76
10 Traslado del caucho laminado al área de reencauche	0,29	0,28	0,29
11 Proceso de reencauche al tubo metálico	34,11	30,58	23,90
12 Vendaje del tubo/rodillo reencauchado	14,78	16,06	15,21
13 Traslado del rodillo al área de vulcanizado	0,25	0,25	0,25
14 Proceso de vulcanizado	65,01	62,31	60,01
15 Enfriado del rodillo	5,71	5,69	5,69
16 Traslado del rodillo al área de rectificado y acabado	0,15	0,15	0,15
17 Rectificado y acabado del rodillo	27,55	26,09	22,90
18 Traslado del rodillo al área de control de calidad	0,47	0,47	0,47
19 Control de calidad del rodillo	5,62	6,46	5,67
20 Almacenaje del rodillo	3,85	4,07	3,83
<b>Total</b>	<b>214,79</b>	<b>204,27</b>	<b>176,43</b>

Por la diferencia de tiempo estándar de cada tipo de rodillo, para la productividad se empleará el tiempo estándar ponderado por la cantidad de producción de los 6 meses. El detalle de cada estudio de tiempos se muestra en los anexos 6, 7 y 8

**Tabla 31**

*Tiempo Estándar Ponderado (Post-test)*

Tipo de Rodillo	Producción (unid.)	Peso (%)	Tiempo Estándar
Nitrilo	731	0,45	214,79
Natural	543	0,33	204,27
Silicona	356	0,22	176,43
<b>Promedio</b>	<b>1630</b>	<b>1,00</b>	<b>202,91</b>

Por otro lado, se realizó los DAP propuestos y se identificó una reducción en el tiempo de la demora y la eliminación de los 4 primeros transportes (actividades que no agregan valor) tras la nueva disposición de planta mediante el diagrama de recorrido propuesto. El detalle de los DAP propuestos se muestran en los anexos 9, 10 y 11.

## Verificación de los resultados obtenidos al proponer una solución para el incremento de la productividad del área de producción en la empresa reencauchadora de rodillos

**Tabla 32**

*Resumen DAP Actual vs DAP Propuesto*

ACTIVIDAD	SIMBOLO	ACTUAL						PROPUESTO					
		Cant. Nitrilo	Cant. Natural	Cant. Silicona	T. Nitrilo	T. Natural	T. Silicona	Cant. Nitrilo	Cant. Natural	Cant. Silicona	T. Nitrilo	T. Natural	T. Silicona
Operación	○	7	7	6	155,1	143,2	120,4	7	7	6	155,10	143,2	120,4
Inspección	□	2	2	2	7,30	8,1	7,2	2	2	2	7,30	8,1	7,2
Activ./Combinada	⊞	3	3	3	40,7	41,1	37,8	3	3	3	40,7	41,1	37,8
Transporte	➡	10	10	9	3,3	3,3	3,0	6	6	5	2,0	2,0	1,5
Demora	⤵	1	1	1	45,7	45,8	45,3	1	1	1	5,7	5,7	5,7
Almacén	▽	1	1	1	3,8	4,1	3,8	1	1	1	3,8	4,1	3,8
<b>TOTAL</b>		<b>24</b>	<b>24</b>	<b>22</b>	<b>256,04</b>	<b>245,68</b>	<b>217,43</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>18</b>	<b>214,79</b>	<b>204,27</b>	<b>176,43</b>

Por último, mostramos los resultados de la productividad de post-test, los cuales se evidencian en la siguiente tabla.

**Tabla 33**

*Cálculo de Productividad (Post-test)*

Semanas	NATURAL	NITRILO	SILICONA	Producción (unidades)	Tiempo Estándar (min.)	Productividad (rodillo/min.)
Semana 44	26	23	6	55	202,91	0,27
Semana 45	10	29	36	75	202,91	0,37
Semana 46	6	19	10	35	202,91	0,17
Semana 47	11	33	27	71	202,91	0,35
Semana 48	26	40	8	74	202,91	0,36
Semana 49	22	15	3	40	202,91	0,20
Semana 50	25	20	2	47	202,91	0,23
Semana 51	41	10	19	70	202,91	0,34
Semana 52	7	37	18	62	202,91	0,31
Semana 1	33	56	11	100	202,91	0,49
Semana 2	17	23	10	50	202,91	0,25
Semana 3	6	28	6	40	202,91	0,20
Semana 4	30	57	30	117	202,91	0,58
Semana 5		15	8	23	202,91	0,11
<b>Total general</b>	<b>260</b>	<b>405</b>	<b>194</b>	<b>859</b>	<b>202,91</b>	
<b>Índice semanal</b>	<b>20</b>	<b>29</b>	<b>14</b>	<b>63</b>		

Finalmente comparamos la productividad medida en ambos tiempos (pre y post-test) y calculamos el impacto de la propuesta.

**Tabla 34**

*Comparativo de la Productividad (Pre y Post-test)*

	Productividad (rodillo/min.) Pre test	Productividad (rodillo/min.) Post test	Diferencia
	0,20	0,27	0,07
	0,11	0,37	0,26
	0,31	0,17	-0,14
	0,22	0,35	0,13
	0,58	0,36	-0,21
	0,31	0,20	-0,11
	0,17	0,23	0,06
	0,22	0,34	0,12
	0,12	0,31	0,19
	0,12	0,49	0,38
	0,37	0,25	-0,12
	0,07	0,20	0,13
	0,38	0,69	0,31
Promedio	0,2440	0,3265	0,0826

$$IE = \left( \frac{VP - VA}{VA} \right) * 100$$

Dónde:

*IE: Impacto del estudio*

*VA: Valor actual*

*VP: Valor propuesto*

$$IE = \left( \frac{Productividad_{Post-test} - Productividad_{Pre-test}}{Productividad_{Pre-test}} \right) * 100$$

$$IE = \left( \frac{0,3265 - 0,2440}{0,2440} \right) * 100$$

**Impacto del Estudio = 33,84%**

### 3.4. Evaluación Económica

#### Evaluación económica de la viabilidad de la propuesta para incrementar la productividad del área de producción en la empresa reencauchadora de rodillos.

Se ha elaborado un flujo de caja a 5 años de evaluación, con los ingresos y egresos que comprende la implementación de la propuesta estudiada, sin considerar los costos hundidos. Se ha aplicado una tasa de rendimiento del 12,71% calculado a través del método CAPM (Modelo de valoración de activos financieros o capital)

**Tabla 35**

*Flujo de Caja Económico del Proyecto*

	2022	2023	2024	2025	2026	2027
<b>Ingresos Totales</b>	S/ -	S/ 13,619,789	S/ 13,824,085	S/ 14,031,447	S/ 14,241,918	S/ 14,455,547
Ahorro por productividad (Natural)		S/ 3,145,422	S/ 3,192,603	S/ 3,240,492	S/ 3,289,100	S/ 3,338,436
Ahorro por productividad (Nitrilo)		S/ 5,072,688	S/ 5,148,778	S/ 5,226,010	S/ 5,304,400	S/ 5,383,966
Ahorro por productividad (Silicona)		S/ 5,401,679	S/ 5,482,704	S/ 5,564,945	S/ 5,648,419	S/ 5,733,145
<b>Egresos Totales</b>	S/ 689,632	S/ 13,017,707	S/ 13,177,038	S/ 13,397,697	S/ 13,582,004	S/ 13,779,204
Inversión	S/ 244,553					
Costo de oportunidad	S/ 445,079					
Costo de propuesta de enfriamiento		S/ 346,517	S/ 345,710	S/ 359,976	S/ 346,147	S/ 346,114
Costo de insumos		S/ 12,671,190	S/ 12,831,327	S/ 13,037,721	S/ 13,235,857	S/ 13,433,090
<b>Flujo de caja</b>	<b>-S/ 689,632</b>	<b>S/ 602,082</b>	<b>S/ 647,048</b>	<b>S/ 633,750</b>	<b>S/ 659,915</b>	<b>S/ 676,343</b>

Tasa de rendimiento del proyecto 12.71%

VAN S/ 1,577,143

TIR 87%

Relación B/C 1.16

Como se observa en los ratios financieros son todos favorables, se considera que el proyecto es viable ya que presenta un VAN positivo del S/ 1,577,143 soles, con un TIR elevado y superior a la tasa de rendimiento de 87%; así mismo, la relación B/C es de 1.16 lo que nos indica que por cada sol invertido, se obtiene 0.16 soles de beneficio del proyecto.



## **CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES**

### **1.1. Discusión**

#### **Limitaciones**

- La primera limitación que se tuvo fue referente a los constantes problemas de conectividad que se tuvieron en el desarrollo de la presente tesis, puesto que la señal en los lugares donde los tesisas vivimos, es deficiente.
- La segunda limitación que se tuvo fue referente a la poca disponibilidad de tiempo del dueño de la empresa, ello dificultó la toma de tiempos, puesto que solo se podía ingresar a la empresa y tomar los tiempos en especificados días.
- La tercera limitación fue referente al difícil acceso que se tuvo a la base de datos de la producción de rodillos entre los meses de Agosto-2021 hasta Enero-2022, ello debido a que se tuvo que pasar por varios filtros para poder conseguir dicha información.
- La cuarta limitación fue la precaria salud de uno de los tesisas al enfermarse de COVID-19, por lo cual durante 2 semanas el desarrollo de la tesis quedó parcialmente congelada.

#### **Interpretación comparativa**

Del análisis de operaciones tenemos que se logró por medio de la propuesta eliminar 4 actividades de transporte, lo que se traduce en una reducción del 40% y se logró además reducir significativamente el tiempo de la actividad demora (espera por enfriamiento) en

89%; estos resultados concuerdan con los autores Herrera, Herrera y González (2017) quienes lograron caracterizar los procesos mediante diagramas y cursogramas, con esto implementaron mejoras que les permitió reducir 33% en operaciones, 25 % en transportes y 25% en la distancia de recorrido, ello impactó en el tiempo estándar y en la capacidad instalada.

Con respecto al balance de línea, se calculó la eficiencia actual del sistema en 60% con 8 operarios y 5 estaciones de trabajo, agrupando las 24 actividades identificadas en el análisis de operaciones, luego de 3 iteraciones se logró balancear la línea de producción de rodillos con 11 operarios y 5 estaciones de trabajo. Estos resultados se asemejan con los de Miño, Moyano y Santillán (2019) que por medio del balanceo de línea aplicado al área de soldadura de automóviles, obtuvieron un balanceo de línea con 10 operarios en 7 estaciones de trabajo con una eficiencia de línea de 95.5%. Por otro lado Rodríguez, Loyo, López y Ávila (2021), compararon 2 métodos de balance de línea, los cuales fueron el método estadístico y el método gráfico, obteniendo con este último mejoras de 34% en el tiempo de ciclo o tiempo estándar, 16.20% en el índice de producción y 32% en la eficiencia, todo esto probado para completar un lote de 10 ventiladores manuales logrando casi un ensamble de una pieza por minuto.

Con respecto al estudios de tiempos, se asignó la calificación de desempeño y suplementos para los operarios con lo cual se logró calcular el tiempo estándar para los 3 tipos de rodillos, cuyo promedio ponderado de estos fue de 243,04 minutos/rodillo (pre-test), pudiéndose reducir a 202,32 minutos/rodillo (post-test) el cual tuvo impacto en la productividad del área de producción. Todo ello tiene concordancia con los resultados planteados por Chavarria (2017) en su tesis titulada "Aplicación de la Ingeniería de Métodos para incrementar la productividad en el área de cromo duro de la empresa Recolsa S.A.; Callao, 2027" donde indica que gracias a la técnica de estudio de tiempos

se pudo reducir el tiempo estándar del pre-test de 16 horas promedio a 11 horas promedio como post-test, lo que permitió subir su productividad de 85% a 98%.

Finalmente, con respecto a la productividad, las técnicas empleadas en el estudio del trabajo (análisis de operaciones, estudio de tiempos y balance de línea) impactó en el incremento de esta en 33,84% de un índice de pre-test de 0,02440 rodillo/minuto a un índice de 0,3265 rodillo/minuto, resultados similares se puede apreciar en el artículo de Tuesta, Chihuahua y Calla (2020) titulado "Incremento de la productividad en una empresa conservera de pescado" donde tiene una productividad promedio de 46.79 cajas/H-h con el método de trabajo antiguo, entre tanto con la propuesta del nuevo método de trabajo incrementaron a 54.14 cajas/H-h, lo que significa una mejora de 15.67%

## **Implicancias**

### **Implicancias teóricas**

La presente tesis, al igual que los estudios citados anteriormente de autores reconocidos en base a nuestro tema de investigación, confirma que, por medio de la aplicación adecuada del estudio de trabajo, se podría mejorar la productividad.

Todo ello ha incentivado a futuras generaciones realizar investigaciones más a fondo de nuevas formas de mejorar la productividad, en base a soluciones innovadoras, diferentes a las que ya se conocen, puesto que las tecnologías, herramientas y métodos de trabajo continuamente están en constante evolución y por ende las soluciones atribuibles a mejorar la productividad serán cada vez más eficientes.

### **Implicancias prácticas**

Los resultados del presente trabajo de investigación determinan que aquellas empresas que deseen mejorar sus índices de productividad, por medio del estudio del trabajo, requieren previamente de un conocimiento detallado acerca de todos los métodos

y/o herramientas que engloban dicho estudio de trabajo, refiriéndonos al estudio de tiempos, al análisis de operaciones y al balanceo de línea. Además de ello, para que dicho estudio de trabajo brinde mejoras, se deberá capacitar al operario en cuanto a métodos más eficientes de trabajo, así como apoyarse en herramientas o formas de mejorar la gestión de los procesos de producción, utilizando la distribución de planta para tal fin, como herramienta conjunta al estudio de trabajo en favor a mejorar la productividad de producción.

Para que se dé todo ello es prescindible tener una persona o supervisor de planta encargado de verificar y corroborar que los lineamientos del estudio de trabajo se cumplan como se planificó.

### **Implicancias metodológicas**

Dentro del actual estudio se utilizaron métodos cuantitativos y se diseñaron aquellos instrumentos que serían en conjunto parte de la mejora de la productividad. Asimismo quedo demostrado que la metodología empleada fue la más apropiada para la obtención de los resultados esperados. Asimismo cabe decir que la presente metodología utilizada, será de utilidad para futuras investigaciones que deseen hacer uso del diseño de investigación pre-experimental y con ello aplicar el pre-test y post-test en sus investigaciones.

## 1.2. Conclusiones

Con respecto al objetivo general, la productividad propuesta logro un incremento de 0,0826 rodillos/min. Ello fue posible gracias a la reducción del tiempo estándar en un 16,75%, en donde se redujo los transportes en un 40% y se redujo el tiempo de espera por enfriamiento de rodillo en un 89%. Por otro lado, el balance de línea logro equilibrar el sistema con 11 operarios.

Con respecto al objetivo específico número 1, se pudo identificar que las 5 causas más representativas que generaron una baja productividad fueron las áreas de trabajo mal ubicadas, traslados innecesarios, prolongados tiempos de espera, cuellos de botellas y por último tiempos ocios altos.

Con respecto al objetivo específico número 2, se pudo elaborar una solución para el incremento de la productividad por medio de la aplicación del estudio del trabajo, aplicándose para ello el análisis de operaciones, estudio de tiempos y el balance de línea, todas ellas permitieron el aumento de la productividad en un 33.84%.

Con respecto al objetivo específico número 3, se pudo verificar y comparar el incremento de la productividad del post-test con respecto al pre-test, con un incremento de 0,0826 rodillos/min traducido en un 33.84%.

Por último, con respecto al objetivo específico número 4 se tuvo un impacto económico positivo del proyecto, con un VAN positivo de S/ 1 577 143 soles, una TIR de 87% superior a la tasa de rendimiento (12.71%) y una relación B/C de 1.16.

## Recomendaciones

Se recomienda a la empresa la ejecución de la propuesta planteada en esta investigación, ya que esta incrementa la productividad en un 33,84% y por ende mejorará los resultados económicos financieros de la organización, con la eliminación de actividades que no agregan valor al proceso, eso sugiere un ahorro en el tiempo improductivo de empleados, depreciación y consumo de energía de equipos que se dejan de emplear por la reducción del tiempo estándar.

Por otro lado, se recomienda al área de producción capacitar al personal más antiguo de producción, con el fin de continuar con el estudio de tiempos de manera trimestral para mantener los estándares de tiempos y de esta manera la planificación de producción mantenga actualizada sus estándares para el programa de producción.

Con respecto a los futuros investigadores, se recomienda realizar el estudio de tiempos para todo el proceso productivo y no solo a determinadas secciones, ya que al no considerar todo el proceso los cuellos de botella que existan en las partes del proceso no estudiadas a corto plazo terminará por arrastrar al proceso completo, habiendo sido en vano la mejora del trabajo en esa pequeña sección del proceso.

## REFERENCIAS

- Andrade, A., Del Río, C., & Alvear, D. (2019). Estudio de Tiempos y Movimientos para Incrementar la Eficiencia en una Empresa de Producción de Calzado. *Información Tecnológica*, 30(3), 83-94. doi:<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642019000300083>
- Arias, J. (2020). *Proyecto de Tesis, guía para la elaboración* (1ra ed.). Arequipa, Perú. Obtenido de disponible en [www.agogocursos.com](http://www.agogocursos.com)
- Chase, R., Jacobs, F., & Aquilano, N. (2009). *Administración de Operaciones, Producción y Cadena de Suministros* (12va ed.). México, D.F.: McGraw-Hill Educación.
- Chavarria, A. (2017). *Aplicación de la Ingeniería de Métodos para incrementar la Productividad en el área de cromo duro de la Empresa Recolsa S.A.; Callao, 2017*. Callao, Perú. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/1417>
- Corcuera, V. (2018). *Mejora de Métodos de trabajo en el área de pelado para reducir los costos de producción en la empresa VIRÚ S.A.* Universidad César Vallejo, Trujillo, Perú. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/28200>
- Cruelles, J. (2013). *Productividad e Incentivos: Cómo hacer que los tiempos de fabricación se cumplan*. México D.F.: Alfaomega.
- Cruelles, J. (2015). *INGENIERÍA INDUSTRIAL - Métodos de trabajo, tiempos y su aplicación a la planificación y a la mejora continua* (1ra ed.). Barcelona: Alfaomega grupo editor.
- Díaz, C. (2022). *Análisis y propuesta de mejora en la empresa de confecciones de pantalones utilizando herramientas de ingeniería industrial*. Lima, Perú. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12404/21333>

Díaz, J. (2019). *Aplicación del estudio de tiempos para incrementar la productividad en el área de envasado de lavavajillas en pasta aplicada en una empresa de productos de limpieza en la localidad de Chorrillos*. Trujillo, Perú. Obtenido de <https://hdl.handle.net/11537/21738>

Escalante, O. E. (2021). Modelo de balance de línea para mejorar la productividad en una empresa de procesamiento de vidrio templado. *Industrial Data*, 24(1), 219-242. doi:<https://dx.doi.org/10.15381/idata.v24i1.19814>

Espinoza, C. (2014). *Metodología de la investigación tecnológica, pensando en sistemas* (2da ed.). Huancayo.

Gallegos, S., Galarreta, G., Ruiz, P., & Gutiérrez, J. (2017). ESTUDIO DE MÉTODOS PARA DISMINUIR EL ÍNDICE DE MOROSIDAD EN UNA EMPRESA PRESTADORA DE SERVICIOS DE COBRANZA. *Ingeniería: Ciencia, Tecnología e Innovación*. Obtenido de <http://revistas.uss.edu.pe/index.php/ING/article/view/535/510>

García, R. (2005). *Estudio del Trabajo, ingeniería de métodos y medición del trabajo* (2da ed.). México, D.F.: Mc GrawHill Educación.

Heizer, J., & Render, B. (2009). *Principios de Administración de Operaciones* (7ma ed.). D.F. México: PEARSON EDUCACIÓN.

Henríquez, G., Cardona, D., Rada, J., & Robles, N. (2018). Medición de Tiempos en un Sistema de Distribución bajo un Estudio de Métodos y Tiempos. *Información Tecnológica*, 26(6), 277-286. doi:<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642018000600277>

Hernández, G., Martínez, Á., Jiménez, R., & Jiménez, F. (2019). Métricas de productividad para equipo de trabajo de desarrollo ágil de software: una revisión



sistemática. *TecnoLógicas*, 22, 63-81.

doi:<https://doi.org/10.22430/22565337.1510>

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. (2014). *Metodología de la Investigación* (6ta ed.). D.F., México: McGraw-Hill.

Herrera, J., Herrera, G., & González, C. (2017). Mejora del proceso de fabricación de estibas de madera: Un caso de estudio. *Ingeniería Solidaria*, 13(23), 40-55.

doi:<https://doi.org/10.16925/in.v23i13.2004>

Jananía, C. (2008). *Manual de tiempos y movimientos : Ingeniería de métodos*. México D.F.: Editorial LIMUSA S.A.

López, J., Alarcón, E., & Rocha, M. (2014). *Estudio del trabajo. Una nueva visión*. México, D.F.: Grupo Editorial Patria S.A.

Medina, E., & Illada, R. (2015). HEURÍSTICA PARA EL BALANCE DE LÍNEAS DE ENSAMBLE CON CONSIDERACIONES ERGONÓMICAS. *revista Ingeniería Industrial*,

14(1), 23-35. Obtenido de

<http://revistas.ubiobio.cl/index.php/RI/article/view/1913>

Meyers, F. (2000). *Estudio de tiempos y movimientos para la manufactura ágil* (2da ed.). Naucalpan de Juárez: Pearson Educación.

Miño, G., Moyano, J., & Santillán, C. (2019). Tiempos estándar para balanceo de línea en área soldadura del automóvil modelo cuatro. *Ingeniería Industrial*, 40(2), 110-

122. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7124692>

Montaño, K., Preciado, J., Robles, J., & Chávez, L. (2018). Métodos de trabajo para mejorar la competitividad del sistema de uva de mesa sonorenses. *Revista de Alimentación Contemporánea y Desarrollo regional*,

28(52).

doi:<http://dx.doi.org/10.24836/es.v28i52.579>

- Niebel, B., & Freivalds, A. (2009). *Ingeniería industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo* (12va ed.). México, D.F.: McGraw-Hill Educación.
- Oficina Internacional del Trabajo. (1996). *Introducción al Estudio del Trabajo* (4ta ed.). Ginebra, Suiza.
- Orejuela, J., & Flóres, A. (2019). Balanceo de líneas de producción en la industria farmacéutica mediante Programación por metas. *INGE CUC*, 15(1), 109-122. doi:<http://dx.doi.org/10.17981/ingecuc.15.1.2019.10>
- Ovalle, A., & Cárdenas, D. (2016). ¿Qué ha pasado con la aplicación del estudio de tiempos y movimientos en las últimas dos décadas?: Revisión de la literatura. *Revista Ingeniería, Investigación y Desarrollo*, 16(2), 12-31. doi:10.19053/1900771X.v16.n2.2016.5443
- Ríos, R. (2017). *Metodología para la investigación y redacción* (1ra ed.). Málaga, España: Servicios Académicos Intercontinentales S.L.
- Rodríguez, L., Loyo, J., López, M., & Ávila, E. (2021). Caso de estudio del mejoramiento de indicadores clave en un proceso de ensamble con la herramienta de balanceo de línea. *Revista de la Ingeniería Industrial*, 15(1), 1-9. Obtenido de <https://static1.squarespace.com/static/55564587e4b0d1d3fb1eda6b/t/607ee5723213a53b69430674/1618929011821/T022RodriguezAlvarado+--+RII+V15N1+2021+--+1-9.pdf>
- Rosales, F., & Rosario, J. (2014). *Estudio de tiempos y productividad en la operación del despacho de azúcar en la empresa AIPSAA, Distrito Paramonga - 2014*. Facultad de Ingeniería Industrial, Sistemas e Informática - Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, Huacho-Perú.

Solano, G. (2020). *REDISTRIBUCIÓN DE PLANTA Y SU INFLUENCIA EN LA PRODUCTIVIDAD EN UNA EMPRESA DE COMIDA RÁPIDA, TRUJILLO, 2020*. Trujillo - Perú. Obtenido de <https://hdl.handle.net/11537/29180>

Tuesta, G., Chihuahua, G., & Calla, V. (2020). Incremento de la productividad en una empresa conservera de pescado. *INGnosis*, 6(1), 36-46. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/350454900\\_Incremento\\_de\\_la\\_productividad\\_en\\_una\\_empresa\\_conservera\\_de\\_pescado](https://www.researchgate.net/publication/350454900_Incremento_de_la_productividad_en_una_empresa_conservera_de_pescado)

Vásquez, E. (2017). *Mejoramiento de la productividad en una empresa de confección sartorial a través de la aplicación de ingeniería de métodos*. Lima, Perú. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12672/6632>

## ANEXOS

### Anexo 1 Matriz de Consistencia

#### ESTUDIO DEL TRABAJO PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD EN EL ÁREA DE PRODUCCIÓN DE LA EMPRESA REENCAUCHADORA DE RODILLOS, LIMA-2022

PROBLEMA PRINCIPAL	OBJETIVO PRINCIPAL	VARIABLES	INDICADORES	TIPO Y DISEÑO
¿En qué medida la aplicación de estudio del trabajo incrementa la productividad del área de producción de la empresa reencauchadora de rodillos, Lima - 2022?	Incrementar la productividad, aplicando el estudio de trabajo en el área de producción de la empresa reencauchadora de rodillos, Lima- 2022.	Variable Independiente (X): <u>Estudio del Trabajo</u>	X1.1: OVA X1.2: ONVA X1.3: Coeficiente de despilfarro por proceso (CdP)	<b>TIPO:</b> Pre experimental, Aplicada y longitudinal, debido a que se enfoca en varios segmentos de tiempo dentro del plazo planeado del estudio (6 meses)
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	Dimensiones: <b>X1:</b> Análisis de operaciones <b>X2:</b> Estudio de tiempos <b>X3:</b> Balance de línea	X2.1: Tiempo Normal X2.2: Tiempo Estándar  X3.1: Índice de producción X3.2: Número de operarios teórico X3.3: Número de operarios reales	<b>ENFOQUE:</b> Cuantitativo  <b>NIVEL:</b> Explicativo  <b>DISEÑO:</b> Diseño de pre prueba/posprueba con un solo grupo
¿Qué solución se ha de implementar para incrementar la productividad de la empresa reencauchadora de rodillos, Lima - 2022?	Ejecutar una solución para incrementar la productividad del área de producción en la empresa reencauchadora de rodillos, Lima-2022.	Variable Dependiente (Y): <u>Productividad</u>	Y1.1: Capacidad usada Y1.2: Capacidad disponible	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;"><math>GE: O_1 - x - O_2</math></div>
¿Cuáles son los resultados obtenidos al implementar una solución para el incremento de la productividad en la empresa reencauchadora de rodillos, Lima-2022?	Verificar los resultados obtenidos al proponer una solución para el incremento de la productividad del área de producción de la empresa reencauchadora de rodillos, Lima-2022.	Dimensiones: <b>Y1:</b> Eficiencia <b>Y2:</b> Eficacia	Y2.1: Producción real Y2.2: Producción programada	Donde: GE: Grupo experimental O1: Pre prueba O2: Pos prueba X: Variable independiente
¿Cuál fue el impacto económico que tuvo la propuesta en el incremento de la productividad en la empresa reencauchadora de rodillos, Lima-2022?	Evaluar económicamente la viabilidad de la propuesta para incrementar la productividad del área de producción de la empresa reencauchadora de rodillos, Lima-2022.			

**Anexo 2** *Formato de Registro de tiempos*

Pág:    de	Fecha:												Hora:			Analista:		
Proceso:												Método: ACTUAL ( ) / MEJORADO ( )						
Descripción del Trabajo	Registro de tiempos (min.)												Tiempo Prom. (min.)	Factor de Calificación	Tiempo Normal (min.)			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12						
1																		
2																		
3																		
4																		
5																		
6																		
7																		
8																		
9																		
10																		
11																		
12																		
13																		
14																		
15																		
16																		
17																		
18																		
19																		
20																		
21																		
22																		
23																		
24																		
25																		

Anexo 3 Formato de DAP

DIAGRAMA DE ANÁLISIS DEL PROCESO DE ATENCIÓN DE...									
Proceso:					Método: <b>ACTUAL</b>				
Inicio:					Analista:				
Término:					Fecha: / /			Pag. 1/1	
DESCRIPCIÓN	ACTIVIDADES						TIEMPO (minutos)	DISTANCI A (metros)	OBSERVACIONES
	○	□	◻	➡	D	∇			
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
21									
22									
23									
24									
25									
26									
27									
28									
29									
30									
31									
TOTAL									
		0	0	0	0	0	0	0,00	

RESUMEN:

ACTIVIDAD	SIMBOLO	ACTUAL		
		Cant.	Tiemp.	Dist.
Operación	○			
Inspección	□			
Activ./Combinada	◻			
Transporte	➡			
Demora	D			
Almacen	∇			
<b>TOTAL</b>		0		

Jara Nuñez, G; Otero Zárate, F.

**Anexo 4 Sistema Westinghouse para Calificación de Desempeño**

**Tabla 11.2** Sistema Westinghouse para calificar habilidades

+0.15	A1	Superior
+0.13	A2	Superior
+0.11	B1	Excelente
+0.08	B2	Excelente
+0.06	C1	Buena
+0.03	C2	Buena
0.00	D	Promedio
-0.05	E1	Aceptable
-0.10	E2	Aceptable
-0.16	F1	Mala
-0.22	F2	Mala

Fuente: Lowry, Maynard y Stegemerten (1940), p. 233.

**Tabla 11.3** Sistema Westinghouse para calificar el esfuerzo

+0.13	A1	Excesivo
+0.12	A2	Excesivo
+0.10	B1	Excelente
+0.08	B2	Excelente
+0.05	C1	Bueno
+0.02	C2	Bueno
0.00	D	Promedio
-0.04	E1	Aceptable
-0.08	E2	Aceptable
-0.12	F1	Malo
-0.17	F2	Malo

Fuente: Lowry, Maynard y Stegemerten (1940), p. 233.

**Tabla 11.4** Sistema Westinghouse para calificar las condiciones

+0.06	A	Ideal
+0.04	B	Excelente
+0.02	C	Bueno
0.00	D	Promedio
-0.03	E	Aceptable
-0.07	F	Malo

Fuente: Lowry, Maynard y Stegemerten (1940), p. 233.

**Tabla 11.5** Sistema Westinghouse para calificar la consistencia

+0.04	A	Perfecta
+0.03	B	Excelente
+0.01	C	Buena
0.00	D	Promedio
-0.02	E	Aceptable
-0.04	F	Mala

Fuente: Lowry, Maynard y Stegemerten (1940), p. 233.

## Anexo 5 Sistema de Adición de Suplementos u Holguras

### 1. SUPLEMENTOS CONSTANTES

	H	M
<b>A. Suplementos por necesidades personales</b>	5	7
<b>B. Suplementos básicos por fatiga</b>	4	4

### 2. SUPLEMENTOS VARIABLES

	H	M		H	M
<b>A. Suplemento por trabajar de pie</b>	2	4	<b>E. Calidad de aire (factores climáticos)</b>		
<b>B. Suplemento postura anormal</b>			Buena ventilación o aire libre	0	0
Ligeramente incomodo	0	1	Mala ventilación, pero sin emanaciones tóxicas, ni nocivas	5	5
Incomodo inclinado	2	3	Proximidades de hornos, calderas, etc.	5	15
Muy incómodo (echado-estirado)	7	5	<b>F. Tensión visual</b>		
<b>C. Levantamiento de pesos y uso de fuerza (levantar, tirar o empujar)</b>			Trabajos de ciertas precisiones	0	0
2.5 Kg	0	1	Trabajos de precisión o fatigosos	2	2
5.0 Kg	1	2	Trabajos de gran precisión o muy fatigosos	5	5
7.0 Kg	2	3	<b>G. Tensión auditiva</b>		
10.0 Kg	3	4	Sonido continuo	0	0
12.5 Kg	4	5	Intermitente y fuerte	2	2
15.0 Kg	6	9	Intermitente y muy fuerte	3	3
17.5 Kg	8	12	Estridente y fuerte	5	5
20.0 Kg	10	15	<b>H. Tensión mental</b>		
22.5 Kg	12	18	Proceso bastante complejo	1	1
25.0Kg	14	....	Proceso complejo o atención muy dividida	4	4
30.0 Kg	19	....	Muy complejo	8	8
40.0 Kg	23	....	<b>I. Monotonía mental</b>		
50.0 Kg	58	....	Trabajo algo monótono	0	0
<b>D. Intensidad de luz</b>			Trabajo bastante monótono	1	1
Jara Nunez, G; Otero Zarate, F. Ligeramente por debajo de lo recomendado	0	0	Trabajo monótono	4	4
Bastante por debajo	2	2	<b>J. Monotonía Física</b>		
Absolutamente insuficiente	5	5	Trabajo algo aburrido	0	0
			Trabajo aburrido	2	1
			Trabajo muy aburrido	5	2



**Anexo 6 Estudio de Tiempos de Rodillo Tipo Nitrilo (Post-test)**

	<b>Descripción del Trabajo</b>	<b>Tiempo Prom. (min.)</b>	<b>Factor de Calific.</b>	<b>Tiempo Normal (min.)</b>	<b>Suplem. u Holguras</b>	<b>Tiempo Estándar (min.)</b>
1	Traslado de tubos metálicos al área de limpieza	0,25	1,14	0,29	1,35	0,39
2	Limpieza química del tubo de metal	4,60	1,11	5,11	1,22	6,23
3	Eliminación del óxido del tubo metálico	4,43	1,21	5,36	1,30	6,97
4	Aplicación Adhesivo 220	2,62	1,21	3,17	1,16	3,68
5	Aplicación Adhesivo 205	2,66	1,21	3,22	1,16	3,73
6	Pesado de la materia prima	1,03	1,26	1,29	1,30	1,68
7	Proceso de la molienda	10,93	1,27	13,88	1,23	17,08
8	Traslado de la pasta de caucho al área de laminado	0,38	1,07	0,41	1,22	0,49
9	Proceso de laminado	10,00	1,29	12,89	1,30	16,76
10	Traslado del caucho laminado al área de reencauche	0,21	1,07	0,22	1,29	0,29
11	Proceso de reencauche al tubo metálico	20,66	1,26	26,03	1,31	34,11
12	Vendaje del tubo/rodillo reencauchado	10,92	1,10	12,02	1,23	14,78
13	Traslado del rodillo al área de vulcanizado	0,25	1,00	0,25	1,00	0,25
14	Proceso de vulcanizado	65,01	1,00	65,01	1,00	65,01
15	Enfriado del rodillo	5,71	1,00	5,71	1,00	5,71
16	Traslado del rodillo al área de rectificado y acabado	0,15	1,00	0,15	1,00	0,15
17	Rectificado y acabado del rodillo	17,54	1,19	20,87	1,32	27,55
18	Traslado del rodillo al área de control de calidad	0,47	1,00	0,47	1,00	0,47
19	Control de calidad del rodillo	4,08	1,14	4,65	1,21	5,62
20	Almacenaje del rodillo	3,02	1,11	3,35	1,15	3,85
	<b>Total</b>	<b>164,90</b>	<b>1,13</b>	<b>184,34</b>	<b>1,19</b>	<b>214,79</b>

**Anexo 7 Estudio de Tiempos de Rodillo Tipo Natural (Post-test)**

	<b>Descripción del Trabajo</b>	<b>Tiempo Prom. (min.)</b>	<b>Factor de Calific.</b>	<b>Tiempo Normal (min.)</b>	<b>Suplem. u Holguras</b>	<b>Tiempo Estándar (min.)</b>
1	Traslado de tubos metálicos al área de limpieza	0,25	1,14	0,29	1,35	0,39
2	Limpieza química del tubo de metal	4,96	1,11	5,50	1,22	6,71
3	Eliminación del óxido del tubo metálico	5,27	1,21	6,37	1,30	8,29
4	Aplicación Adhesivo 220	2,56	1,21	3,10	1,16	3,59
5	Aplicación Adhesivo 205	2,36	1,21	2,86	1,16	3,31
6	Pesado de la materia prima	1,03	1,26	1,30	1,30	1,69
7	Proceso de la molienda	8,18	1,18	9,66	1,23	11,88
8	Traslado de la pasta de caucho al área de laminado	0,38	1,07	0,40	1,22	0,49
9	Proceso de laminado	9,25	1,29	11,93	1,30	15,50
10	Traslado del caucho laminado al área de reencauche	0,21	1,07	0,22	1,29	0,28
11	Proceso de reencauche al tubo metálico	18,98	1,23	23,35	1,31	30,58
12	Vendaje del tubo/rodillo reencauchado	11,87	1,10	13,06	1,23	16,06
13	Traslado del rodillo al área de vulcanizado	0,25	1,00	0,25	1,00	0,25
14	Proceso de vulcanizado	62,31	1,00	62,31	1,00	62,31
15	Enfriado del rodillo	5,69	1,00	5,69	1,00	5,69
16	Traslado del rodillo al área de rectificado y acabado	0,15	1,00	0,15	1,00	0,15
17	Rectificado y acabado del rodillo	16,61	1,19	19,76	1,32	26,09
18	Traslado del rodillo al área de control de calidad	0,47	1,00	0,47	1,00	0,47
19	Control de calidad del rodillo	4,68	1,14	5,34	1,21	6,46
20	Almacenaje del rodillo	3,19	1,11	3,54	1,15	4,07
	<b>Total</b>	<b>158,64</b>	<b>1,13</b>	<b>175,54</b>	<b>1,19</b>	<b>204,27</b>

**Anexo 8 Estudio de Tiempos de Rodillo Tipo Silicona (Post-test)**

	<b>Descripción del Trabajo</b>	<b>Tiempo Prom. (min.)</b>	<b>Factor de Calific.</b>	<b>Tiempo Normal (min.)</b>	<b>Suplem. u Holguras</b>	<b>Tiempo Estándar (min.)</b>
1	Traslado de tubos metálicos al área de limpieza	0,25	1,14	0,29	1,35	0,39
2	Limpieza química del tubo de metal	5,02	1,11	5,57	1,22	6,80
3	Eliminación del óxido del tubo metálico	5,13	1,21	6,21	1,30	8,07
4	Aplicación Adhesivo 220	3,04	1,21	3,68	1,16	4,26
5	Aplicación Adhesivo 205	3,00	1,21	3,63	1,16	4,21
6	Pesado de la materia prima	1,04	1,26	1,31	1,20	1,58
7	Proceso de laminado	8,25	1,29	10,64	1,20	12,76
8	Traslado del caucho laminado al área de reencauche	0,21	1,07	0,22	1,29	0,29
9	Proceso de reencauche al tubo metálico	15,43	1,28	19,75	1,21	23,90
10	Vendaje del tubo/rodillo reencauchado	10,66	1,16	12,37	1,23	15,21
11	Traslado del rodillo al área de vulcanizado	0,25	1,00	0,25	1,00	0,25
12	Proceso de vulcanizado	60,01	1,00	60,01	1,00	60,01
13	Enfriado del rodillo	5,69	1,00	5,69	1,00	5,69
14	Traslado del rodillo al área de rectificado y acabado	0,15	1,00	0,15	1,00	0,15
15	Rectificado y acabado del rodillo	14,58	1,19	17,35	1,32	22,90
16	Traslado del rodillo al área de control de calidad	0,47	1,00	0,47	1,00	0,47
17	Control de calidad del rodillo	4,11	1,14	4,69	1,21	5,67
18	Almacenaje del rodillo	3,00	1,11	3,33	1,15	3,83
	<b>Total</b>	<b>140,28</b>	<b>1,13</b>	<b>155,59</b>	<b>1,17</b>	<b>176,43</b>

### Anexo 9 DAP Propuesto de Rodillo Tipo Nitrilo

DIAGRAMA DE ANÁLISIS DEL PROCESO DE REENCAUCHE DE RODILLOS TIPO NITRILLO									
Proceso: Reencauche de rodillos tipo Nitrilo				Método: <b>PROPUESTO</b>					
Inicio: Traslado de tubos metálicos al área de limpieza				Analista:					
Termino: Almacenaje del rodillo				Fecha:		Pag. 1/1			
DESCRIPCIÓN	ACTIVIDADES						TIEMPO (minutos)	DISTANCIA (metros)	OBS.
	○	□	◻	➔	D	▽			
Traslado de tubos metálicos al área de limpieza							0,39	7	
Limpieza química del tubo de metal							6,23		
Eliminación del óxido del tubo metálico							6,97		
Aplicación Adhesivo 220							3,68		
Aplicación Adhesivo 205							3,73		
Pesado de la materia prima							1,68		
Proceso de la molienda							17,08		
Traslado de la pasta de caucho al área de laminado							0,49	12	
Proceso de laminado							16,76		
Traslado del caucho laminado al área de reencauche							0,29	6	
Proceso de reencauche al tubo metálico							34,11		
Vendaje del tubo/rodillo reencauchado							14,78		
Traslado del rodillo al área de vulcanizado							0,25	7	
Proceso de vulcanizado							65,01		
Enfriado del rodillo							5,71		
Traslado del rodillo al área de rectificado y acabado							0,15	4	
Rectificado y acabado del rodillo							27,55		
Traslado del rodillo al área de control de calidad							0,47	15	
Control de calidad del rodillo							5,62		
Almacenaje del rodillo							3,85		
<b>TOTAL</b>	<b>7</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>214,79</b>	<b>51</b>	

**RESUMEN:**  
Jara Nuñez, G., Otero Zárate, F.

ACTIVIDAD	SIMBOLO	ACTUAL		
		Cant.	Tiemp.	Dist.
Operación	○	7	155,1	
Inspección	□	2	7,30	
Activ./Combinada	◻	3	40,7	
Transporte	➔	6	2,0	51
Demora	D	1	5,7	
Almacenamiento	▽	1	3,8	
<b>TOTAL</b>		<b>20</b>	<b>214,79</b>	

Act. Con valor	12
Act. Sin valor	8
<b>TOTAL</b>	<b>20</b>
% Ineficiencia	40%

Anexo 10 DAP Propuesto de Rodillo Tipo Natural

DIAGRAMA DE ANÁLISIS DEL PROCESO DE REENCAUCHE DE RODILLOS TIPO NATURAL									
Proceso: Reencauche de rodillos tipo Natural				Método: <b>PROPUESTO</b>					
Inicio: Traslado de tubos metálicos al área de limpieza				Analista:					
Termino: Almacenaje del rodillo				Fecha:			Pág. 1/1		
DESCRIPCIÓN	ACTIVIDADES						TIEMPO (minutos)	DISTANCIA (metros)	OBS.
	○	□	◻	→	D	▽			
Traslado de tubos metálicos al área de limpieza							0,39	7	
Limpieza química del tubo de metal							6,71		
Eliminación del óxido del tubo metálico							8,29		
Aplicación Adhesivo 220							3,59		
Aplicación Adhesivo 205							3,31		
Pesado de la materia prima							1,69		
Proceso de la molienda							11,88		
Traslado de la pasta de caucho al área de laminado							0,49	12	
Proceso de laminado							15,50		
Traslado del caucho laminado al área de reencauche							0,28	6	
Proceso de reencauche al tubo metálico							30,58		
Vendaje del tubo/rodillo reencauchado							16,06		
Traslado del rodillo al área de vulcanizado							0,25	7	
Proceso de vulcanizado							62,31		
Enfriado del rodillo							5,69		
Traslado del rodillo al área de rectificado y acabado							0,15	4	
Rectificado y acabado del rodillo							26,09		
Traslado del rodillo al área de control de calidad							0,47	15	
Control de calidad del rodillo							6,46		
Almacenaje del rodillo							4,07		
<b>TOTAL</b>	<b>7</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	204,27	51	

Jara N. RESUMEN, Zárate, F.







ACTIVIDAD	SIMBOLO	ACTUAL		
		Cant.	Tiemp.	Dist.
Operación	○	7	143,2	
Inspección	□	2	8,1	
Activ./Combinada	◻	3	41,1	
Transporte	→	6	2,0	51
Demora	D	1	5,7	
Almacenamiento	▽	1	4,1	
<b>TOTAL</b>		<b>20</b>	<b>204,27</b>	

Act. Con valor	12
Act. Sin valor	8
<b>TOTAL</b>	<b>20</b>
% Ineficiencia	40%

**Anexo 11 DAP Propuesto de Rodillo Tipo Silicona**

DIAGRAMA DE ANÁLISIS DEL PROCESO DE REENCAUCHE DE RODILLOS TIPO SILICONA									
Proceso: Reencauche de rodillos tipo Silicona				Método: <b>PROPUESTO</b>					
Inicio: Traslado de tubos metálicos al área de limpieza				Analista:					
Termino: Almacenaje del rodillo				Fecha:		Pág. 1/1			
DESCRIPCIÓN	ACTIVIDADES						TIEMPO (minutos)	DISTANCIA (metros)	OBS.
	○	□	◻	→	D	▽			
Traslado de tubos metálicos al área de limpieza				●			0,39	7	
Limpieza química del tubo de metal			●				6,80		
Eliminación del óxido del tubo metálico			●				8,07		
Aplicación Adhesivo 220	●						4,26		
Aplicación Adhesivo 205	●						4,21		
Pesado de la materia prima			●				1,58		
Proceso de laminado	●						12,76		
Traslado del caucho laminado al área de reencauche				●			0,29	6	
Proceso de reencauche al tubo metálico	●						23,90		
Vendaje del tubo/rodillo reencauchado	●						15,21		
Traslado del rodillo al área de vulcanizado				●			0,25	7	
Proceso de vulcanizado	●						60,01		
Enfriado del rodillo					●		5,69		
Traslado del rodillo al área de rectificando y acabado					●		0,15	4	
Rectificado y acabado del rodillo			●				22,90		
Traslado del rodillo al área de control de calidad					●		0,47	15	
Control de calidad del rodillo			●				5,67		
Almacenaje del rodillo						●	3,83		
<b>TOTAL</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	176,43	39	

RESUMEN:

ACTIVIDAD	SIMBOLO	ACTUAL		
		Cant.	Tiemp.	Dist.
Operación		6	120,4	
Inspección		2	7,2	
Activ./Combinada		3	37,8	
Transporte		5	1,5	39
Demora		1	5,7	
Almacenamiento		1	3,8	
<b>TOTAL</b>		18	176,43	

Act. Con valor	11
Act. Sin valor	7
<b>TOTAL</b>	<b>18</b>

% Ineficiencia 39%

Anexo 12 Distribución de T de Student

**DISTRIBUCION T DE STUDENT**

g	Nivel de Significación para pruebas de una cola					
	0,1	0,05	0,025	0,01	0,0005	0,0005
	Nivel de Significación para pruebas de dos colas					
	0,2	0,1	0,05	0,02	0,01	0,001
1	3,078	6,314	12,706	31,821	63,657	636,619
2	1,886	2,920	4,303	6,965	9,925	31,599
3	1,638	2,353	3,182	4,541	5,841	12,924
4	1,533	2,132	2,776	3,747	4,604	8,610
5	1,476	2,015	2,571	3,365	4,032	6,869
6	1,440	1,943	2,447	3,143	3,707	5,959
7	1,415	1,895	2,365	2,998	3,499	5,408
8	1,397	1,860	2,306	2,896	3,355	5,041
9	1,383	1,833	2,262	2,821	3,250	4,781
10	1,372	1,812	2,228	2,764	3,169	4,587
11	1,363	1,796	2,201	2,718	3,106	4,437
12	1,356	1,782	2,179	2,681	3,055	4,318
13	1,350	1,771	2,160	2,650	3,012	4,221
14	1,345	1,761	2,145	2,624	2,977	4,140
15	1,341	1,753	2,131	2,602	2,947	4,073
16	1,337	1,746	2,120	2,583	2,921	4,015
17	1,333	1,740	2,110	2,567	2,898	3,965
18	1,330	1,734	2,101	2,552	2,878	3,922
19	1,328	1,729	2,093	2,539	2,861	3,883
20	1,325	1,725	2,086	2,528	2,845	3,850
21	1,323	1,721	2,080	2,518	2,831	3,819
22	1,321	1,717	2,074	2,508	2,819	3,792
23	1,319	1,714	2,069	2,500	2,807	3,768
24	1,318	1,711	2,064	2,492	2,797	3,745
25	1,316	1,708	2,060	2,485	2,787	3,725
26	1,315	6,314	2,447	6,965	3,707	12,924
27	1,314	1,703	2,052	2,473	2,771	3,690
28	1,345	1,761	2,145	2,624	2,977	4,140
29	1,311	1,699	2,045	2,462	2,756	3,659
30	1,310	1,697	2,042	2,457	2,750	3,646
40	1,303	1,684	2,021	2,423	2,704	3,551
60	1,296	1,671	2,000	2,390	2,660	3,460
120	1,289	1,658	1,980	2,358	2,617	3,373

Jara N