



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Industrial

“INFLUENCIA DE LA INGENIERÍA DE MÉTODOS
PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD EN
LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE
PORTARETARDOS EN UNA EMPRESA DEL
SECTOR METALMECÁNICO, LIMA”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Industrial

Autores:

Hector Geronimo Vicente Arias

Reynaldo Felipe Tuero Apaza

Asesor:

Mg. Ing. José Antonio Orellana Pardave

Lima - Perú

2021

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedicamos con mucho amor a nuestros queridos padres, que con mucho esfuerzo y sacrificio nos enseñaron a desarrollarnos como persona y profesionales, con la convicción de poder enfrentar cualquier obstáculo que se nos presente en la vida.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios por permitirnos tener y disfrutar de nuestras familias, gracias a nuestras esposas e hijos por apoyarnos en cada decisión tomada en nuestras vidas.

A nuestros docentes por su apoyo incondicional, gracias a ellos hemos llegado hasta donde estamos ahora.

Por último, a mi compañero de tesis porque en esta armonía lo hemos logrado.

TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO	3
ÍNDICE DE TABLAS.....	5
ÍNDICE DE FIGURAS	7
ÍNDICE DE ECUACIONES	9
RESUMEN.....	10
ABSTRACT	11
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	12
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	22
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA.....	48
CAPÍTULO IV. RESULTADOS.....	57
CAPÍTULO V. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	126
REFERENCIAS.....	131
ANEXOS	135

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Puntuaciones de causas	17
Tabla 2 Técnicas para el análisis de la ingeniería de métodos	32
Tabla 3 Limitantes de la productividad.....	42
Tabla 4 Matriz de operacionalización	53
Tabla 5 Análisis de la ingeniería de métodos previo.....	57
Tabla 6 Análisis del tiempo estándar previo	59
Tabla 7 Análisis del tiempo útil previo	61
Tabla 8 Análisis de la productividad de mano de obra previo	62
Tabla 9 Diagrama de Gantt	67
Tabla 10 Cronograma de limpieza	70
Tabla 11 Comparación del orden en el área	73
Tabla 12 Cronograma de capacitaciones.....	74
Tabla 13 Diagrama de análisis del proceso inicial	79
Tabla 14 Estudio de suplementos iniciales	83
Tabla 15 Diagrama de hombre – máquina	90
Tabla 16 Estudio de suplementos finales	94
Tabla 17 Diagrama de análisis del proceso final.....	95
Tabla 18 Cronograma de controles	101
Tabla 19 Análisis de la ingeniería de métodos previo.....	103
Tabla 20 Análisis del tiempo estándar	105
Tabla 21 Análisis del tiempo útil	107
Tabla 22 Análisis de la productividad de mano de obra previo	109
Tabla 23 Costos de aplicación de mejoras en el taller	114
Tabla 24 Flujo de caja	115
Tabla 25 Indicadores financieros	116
Tabla 26 Prueba de normalidad antes y después de la hipótesis específica 1	117

Tabla 27 Estadísticos inferenciales de la hipótesis específica 1 antes y después.....	118
Tabla 28 Estadísticos de la prueba T de Student de la hipótesis específica 1	118
Tabla 29 Prueba de normalidad antes y después de la hipótesis específica 2	119
Tabla 30 Estadísticos inferenciales de la hipótesis específica 2 antes y después.....	120
Tabla 31 Estadísticos de la prueba T de Student de la hipótesis específica 2	120
Tabla 32 Prueba de normalidad antes y después de la hipótesis específica 3	121
Tabla 33 Estadísticos inferenciales de la hipótesis específica 3 antes y después.....	122
Tabla 34 Estadísticos de la prueba T de Student de la hipótesis específica 3	122
Tabla 35 Prueba de normalidad antes y después de la hipótesis general	123
Tabla 36 Estadísticos inferenciales de la hipótesis general antes y después	124
Tabla 37 Estadísticos de la prueba T de Student de la hipótesis general	124

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Diagrama de Ishikawa, mediante lluvia de ideas para identificar el problema.....	15
Figura 2 Diagrama de Pareto.....	18
Figura 3 Estudio en la ingeniería de métodos	31
Figura 4 Aplicación de la metodología	33
Figura 5 Diagrama de flujo estándar vertical	35
Figura 6 Diagrama de flujo funcional orientado verticalmente.....	36
Figura 7 Diagrama de operaciones del proceso (DOP).....	37
Figura 8 Diagrama de análisis del proceso (DAP).....	38
Figura 9 Formato para el estudio de tiempos	39
Figura 10 Incremento de la productividad	41
Figura 11 Análisis de la ingeniería de métodos previo	58
Figura 12 Análisis del tiempo estándar previo.....	60
Figura 13 Análisis del tiempo útil previo.....	61
Figura 14 Análisis de la productividad de mano de obra previo.....	63
Figura 15 Evidencia de falta de una metodología para la gestión de producción	64
Figura 16 Análisis de la productividad de mano de obra previo.....	65
Figura 17 No se cuenta con detalle de los tiempos.	66
Figura 18 Elementos encontrados en el orden del área	69
Figura 19 Controles visuales para la gestión del área	71
Figura 20 Elementos encontrados en el orden del área	72
Figura 21 Gestión del área de trabajo.....	73
Figura 22 Procedimiento para la capacitación del personal	75
Figura 23 Formato de control de capacitaciones.....	76
Figura 24 Evidencias de las capacitaciones	77
Figura 25 Diagrama de operaciones del proceso inicial.....	78
Figura 26 Estudio de tiempo con observaciones	80

Figura 27 Estudio de tiempos generalizado	81
Figura 28 Diagrama bimanual.....	84
Figura 29 Diagrama de actividades múltiples	86
Figura 30 Estudio de tiempo en máquinas	87
Figura 31 Diagrama de operaciones simultáneas	88
Figura 32 Equipos de trabajo	89
Figura 34 Diagrama de operaciones del proceso final	92
Figura 35 Proceso de embalado y almacenado	93
Figura 36 Zona de revisión y control del tiempo	97
Figura 37 Solicitud de revisión del proceso operativo	98
Figura 38 Formato para el control de las operaciones.....	99
Figura 39 Formato para el registro de incidentes	102
Figura 40 Análisis de la ingeniería de métodos	104
Figura 41 Análisis de la ingeniería de métodos	106
Figura 42 Análisis del tiempo útil	108
Figura 43 Análisis de la productividad de mano de obra previo	110
Figura 44 Análisis comparativo de escenarios de la ingeniería de métodos	111
Figura 45 Análisis comparativo del tiempo estándar	112
Figura 46 Análisis comparativo de escenarios del tiempo útil.....	113
Figura 47 Análisis comparativo de escenarios de la productividad de la mano de obra	113

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Cálculo de estudio de tiempos	40
Ecuación 2: Estudio de movimientos	40
Ecuación 3: Cálculo del tiempo estándar	43
Ecuación 4: Cálculo del tiempo útil	44
Ecuación 5: Cálculo de la productividad de la mano de obra	44

RESUMEN

La presente investigación se desarrolló con el objetivo de determinar en qué medida se incrementa la productividad de la línea de producción de portaretardos mediante la ingeniería de métodos en una empresa del sector metalmeccánico, en la ciudad de Lima; para ello fue necesario el estudio de las dimensiones del tiempo estándar, tiempo productivo y cantidad producida. En este sentido, la metodología de investigación corresponde al tipo aplicado, de enfoque cuantitativo, de nivel explicativo y de diseño pre-experimental, en tanto que la muestra para el estudio se determinó en la producción de portaretardos en 12 meses en la empresa, siendo 6 del escenario previo y 6 del posterior y para la recolección de datos se emplearon las técnicas de observación directa y análisis documental.

Los resultados muestran que con la aplicación de la ingeniería de métodos se reduce el tiempo estándar en la línea de producción dado que en el escenario previo se obtuvo una media previa (3:10:32) mayor que en el escenario posterior (2:34:24), además incrementa el tiempo productivo con una media previa de 79.73% menor que en el escenario posterior de 87.62% e incrementa la cantidad producida con una medias antes de 3.57 menor que en el escenario posterior 4.89; adicionalmente, las afirmaciones se verifican a través de la significancia de la prueba T de Student aplicadas los escenarios previo y posterior que fueron de 0.005; 0.004 y $0.009 < 0.05$, respectivamente. Por lo tanto, se concluye que la implementación de la ingeniería de métodos incrementa la productividad de la línea de producción de portaretardos en una empresa metalmeccánica, Lima.

Palabras claves: Ingeniería de métodos; productividad; tiempo estándar; cantidad producida; tiempo productivo.

ABSTRACT

The present investigation was developed with the objective of determining to what extent the productivity of the delay holder production line is increased by means of method engineering in a company in the metalworking sector, Lima; For this, it was necessary to study the dimensions of standard time, productive time and quantity produced. In this sense, the research methodology corresponding to the applied type, quantitative approach, explanatory level and pre-experimental design, while the sample for the study was determined in the production of delay holders in 12 months in the company, being 6 of the previous scenario and 6 of the later one and for the data collection the techniques of direct observation and documentary analysis were used.

The results show that method engineering reduces the standard time in the production line given that in the previous scenario a previous mean (3:10:32) was obtained greater than in the later scenario (2:34:24), it also increases the productive time with a previous average of 79.73% lower than in the later scenario of 87.62% and increases the quantity produced with an average before 3.57 less than in the later scenario 4.89; additionally, the statements are verified through the significance of the Student's t test applied the previous and subsequent scenarios, which were 0.005; 0.004 and 0.009 <0.05, respectively. Therefore, it is concluded that the implementation of method engineering increases the productivity of the delay holder production line in a metalworking company, Lima.

Keywords: Method engineering; productivity; standard time; quantity produced; uptime.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

Realidad problemática internacional

En el escenario internacional, para Herrera y Arias (2021) dentro del sistema de producción en serie la ingeniería de métodos brindar lineamientos claves para el control de los tiempos y la adecuada gestión de los procesos operativos, todo ello como parte de una búsqueda por la calidad total y la productividad. En otras palabras, con el empleo de la metodología es posible presentar un análisis relevante y crítico de los efectos que dicho sistema tiene en términos de productividad, cadena de suministro y proceso de operación, así como los efectos sobre los factores humanos y dentro de la ingeniería de métodos de la operación. Adicionalmente, se muestra la importancia de integrar sistemas en todo el aparato productivo más allá del sistema de fabricación, ello se efectúa con el fin de controlar y aprovechar la implementación de la ingeniería de métodos para controlar otros procesos que requieran ajustes; para dicho escenario se debe efectuar un análisis de las ventajas mencionadas y reducir los posibles aspectos negativos como la curva de aprendizaje.

De forma similar, en Machado, Lorente y Mugmal (2019) se resalta la importancia de la aplicación de la ingeniería de métodos, dada su experiencia en los procesos productivos de América Latina. Se comenta que a organización del trabajo es un sistema integrado y dinámico, dirigido a determinando la cantidad de trabajo vital, además de que comprende el estudio y análisis de qué se hace, dónde, cómo y con qué; con el fin de diseñar e implementar medidas dirigidas a perfeccionando la participación del hombre en el proceso de la producción en serie. En este sentido, la ingeniería de métodos permite perfeccionar la forma en que se ejecutan las actividades laborales de los hombres, en su relación mutua y constante con los medios de producción, entre puestos de trabajo, talleres, entre otros. Ante ello, se menciona además que la ingeniería de métodos tiene como objetivo el incremento de la productividad a través de la reducción o eliminación de los desperdicios.

Por otro lado, para Renzi, Leali y Di Angelo (2017) la ingeniería de métodos es una herramienta de gran utilidad para la toma de decisiones en el sector industrial, dado que se basa en un estudio del diseño de trabajo a través de procedimientos reflejados en la experiencia. La metodología permite mejorar los rendimientos de trabajo, ya sea a través del enfoque de costos o con la disminución del tiempo de ejecución de las labores, dado que al estudiar la secuencia óptima el trabajador logra un desenvolvimiento adecuado. En la práctica la ingeniería de métodos puede apoyarse en el uso de diagramas de operaciones, mapeo de los procesos, diagramas de recorrido, layout y demás elementos que pueden transferir el conocimiento para la toma de decisiones al momento de las operaciones. Cabe resaltar que en una mira hacia el futuro, las actividades productivas deben contar con una alta sistematización en el contexto industrial, puesto que con el incremento de la productividad permite posicionarse en escenario más competitivo.

Realidad problemática Nacional

En el escenario nacional se han observado casos de éxito por la implementación de la ingeniería de métodos, tal como el caso de Valdivieso, Meza y Gutiérrez (2019) dentro del área de producción. A través del empleo de los estudios del trabajo se logra un incremento de la productividad al lograr una reducción de los tiempos muertos, de ocio o espera; para ello la metodología emplea el análisis de los puntos críticos en base al estudio de las operaciones a detalle. La ingeniería de métodos mediante el estudio del tiempo y del trabajo posee la finalidad de hacer un mejor uso de los recursos productivos, en este caso el tiempo del operario y el trabajo que agrega valor dentro del proceso. En este sentido, se desea maximizar el empleo de la capacidad instalada con la elección adecuada de los procedimientos para no sobrecargar y repetitividad de las actividades operativas. Por otro lado, también es importante el estudio del proceso de producción, la funcionalidad, la calidad y de la forma del producto.

Asimismo, en Saavedra et al. (2018) se menciona que los principales problemas dentro del procedimiento operativo en las industrias se relacionan con los altos costos y tiempos. A partir de ello, se han elaborado metodologías que permitan reducir estos elementos como la ingeniería de métodos que busca el óptimo empleo de los recursos productivos. En esta línea, el estudio de tiempos representa una oportunidad para lograr cambios significativos en el

proceso de producción, puesto que se desea reducir el tiempo de las actividades que no agregan valor y eliminar desperdicios, de forma tal que se logre una adecuada estandarización de los procesos. Desde otra perspectiva, la ingeniería de métodos desea simplificar las actividades a través de una organización del trabajo, para lo cual emplea el análisis de las operaciones para el rediseño y una nueva estructura de la planta. En el alcance de este objetivo se emplean las herramientas de la ingeniería industrial para en análisis que permite encontrar deficiencias y resolverlas.

De acuerdo con el Ministerio de Economía y Finanzas (2018) la producción metalmeccánica ha experimentado un gran crecimiento a lo largo de los últimos años, lo que permite ubicar sus productos dentro de las exportaciones no tradicionales. La demanda exterior cada vez requiere de más productos elaborados del sector metalmeccánico lo cual da inicio al mejor aprovechamiento de los recursos propios de la nación; para ello se requiere de un incremento de la calidad y productividad a fin de lograr un nivel de competitividad mucho más alto en el comercio exterior. Las exportaciones de los productos provenientes de este sector reflejan un crecimiento de hasta 6 veces cada año, lo cual permite indicar que un proceso de renovación para la búsqueda de la productividad es necesario en el corto plazo.

Realidad problemática local

Para el análisis de la realidad problemática local, se tomará la experiencia de la empresa ubicada en Lima metropolitana, la cual pertenece al sector metalmeccánico y uno de sus productos más representativos son los portaretardos. En el área de producción se han observado gran cantidad de deficiencias que deben ser mejoradas, para ello se generó una lluvia de ideas para poder identificar todas las causas, las cuales han sido ordenadas y orientadas según el diagrama de causa – efecto o Ishikawa. A partir de dicha información se obtuvo el problema principal y posteriormente, con el empleo del análisis de Pareto, se mostraron los problemas que más impactan a fin de plantear soluciones acertadas sobre el tema. Entonces, en primer lugar, el diagrama de Ishikawa de las causas que generan el problema principal se muestra a continuación en la figura 1.

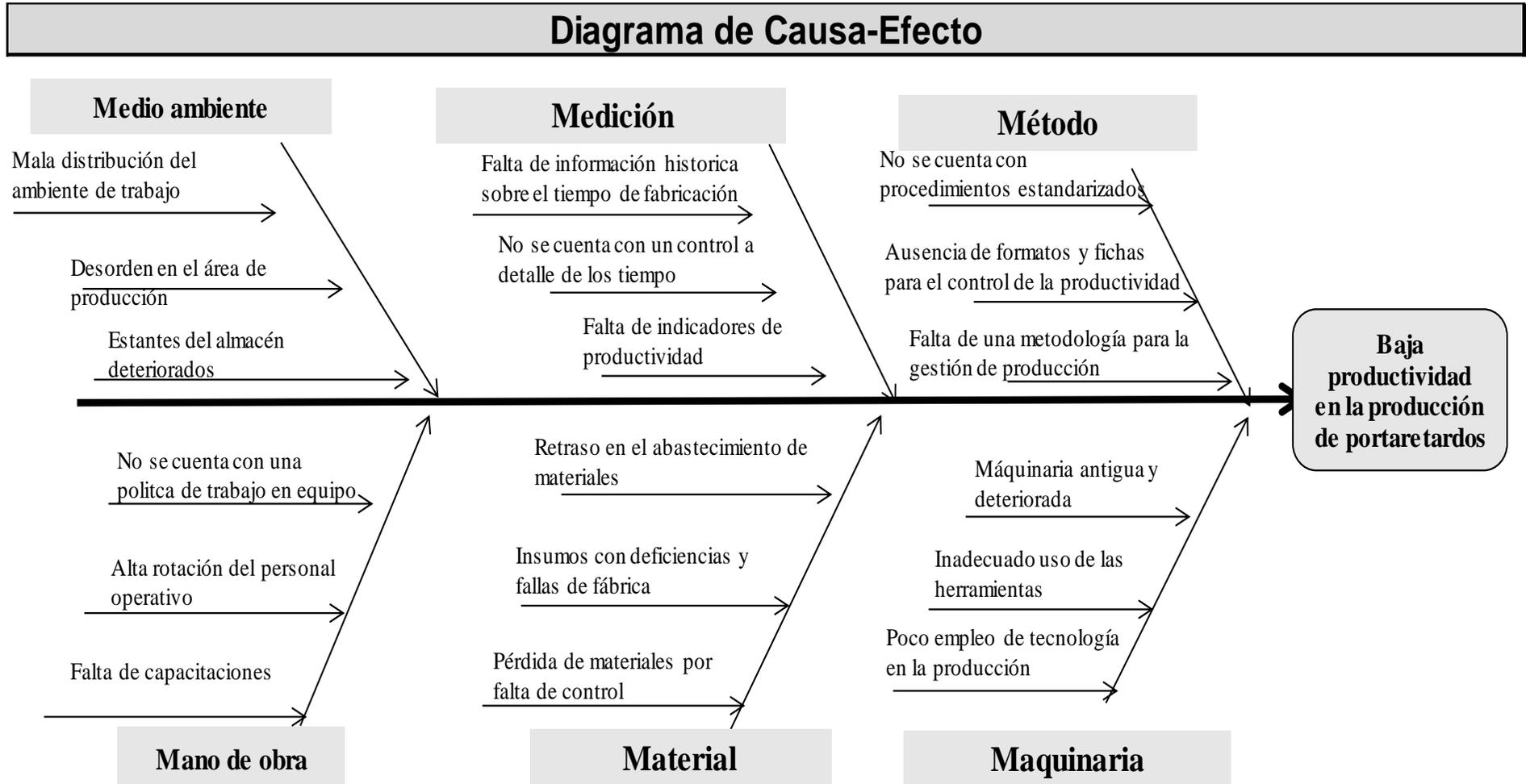


Figura 1 Diagrama de Ishikawa, mediante lluvia de ideas para identificar el problema.
Elaboración propia

En la figura anterior se observan las deficiencias del área de producción de la empresa metalmecánica, las cuales han sido ordenadas y orientadas de acuerdo con el enfoque que afectan, considerando el medio ambiente, la medición, el método, la mano de obra, el material y la maquinaria. En primer lugar, respecto al medio ambiente se evidencia la mala distribución del área de trabajo, los estantes deteriorados en el almacén y el desorden en el área de producción. Por otro lado, en la medición se menciona la falta de información histórica sobre los tiempos de fabricación de portaretardos, que no se cuenta con un control a detalle sobre los tiempos y la falta de indicadores sobre la productividad. En tercer lugar, en el ámbito del método de trabajo se comenta que no se cuenta con procedimientos estandarizados para la producción, la ausencia de formatos y fichas para el control de la productividad y la falta de una metodología para la gestión de la producción.

Respecto a la mano de obra se indica que se encontraron falencias sobre la alta rotación del personal operativo, la falta de capacitaciones y que no se cuenta con una política de trabajo en equipo. En el análisis del material de trabajo se comenta que existe retraso en su abastecimiento por parte del proveedor, en tanto que los insumos muchas veces presentan deficiencias o fallas de fábrica. Finalmente, sobre la maquinaria se indica que se emplea en poca medida la tecnología, la maquinaria antigua y deteriorada y el inadecuado uso de las herramientas para trabajo.

A partir de la información mostrada es posible analizar cada una de ellas con la ayuda de cinco expertos que efectúan la puntuación de acuerdo con el nivel de impacto de cada una de ellas sobre el problema principal, los puntajes fluctúan entre 20 (máximo impacto) y 0 (ningún impacto). Luego de ello ha sido posible ponderar cada una de las causas en una frecuencia relativa y acumulada y se ha ordenado de puntaje mayor a menor en la tabla que se muestra a continuación en la tabla 1.

Tabla 1

Puntuaciones de causas

N°	Descripción de Partida	E1	E2	E3	E4	E5	Punt.	Frec. Relativa	Frec. Acumulada
1	Falta de una metodología para la gestión de producción	20	18	20	20	18	96	20.9%	21%
2	No se cuenta con procedimientos estandarizados	19	19	20	18	17	93	20.3%	41%
3	Falta de indicadores de productividad	18	20	18	16	18	90	19.6%	61%
4	No se cuenta con un control a detalle de los tiempos	19	18	16	16	17	86	18.7%	80%
5	Ausencia de formatos para el control de la productividad	5	4	6	3	4	22	4.8%	84%
6	Falta de capacitaciones	4	3	5	3	4	19	4.1%	88%
7	Mala distribución del ambiente de trabajo	2	3	1	2	3	11	2.4%	91%
8	No se cuenta con una política de trabajo en equipo	3	2	1	2	1	9	2.0%	93%
9	Poco empleo de tecnología en la producción	2	1	1	2	1	7	1.5%	94%
10	Falta de información histórica sobre el tiempo de fabricación	1	2	2	1	1	7	1.5%	96%
11	Retraso en el abastecimiento de materiales	2	0	1	1	1	5	1.1%	97%
12	Desorden en el área de producción	1	0	1	1	1	4	0.9%	98%
13	Maquinaria antigua y deteriorada	0	0	1	1	1	3	0.7%	98%
14	Estantes del almacén deteriorados	1	0	0	0	1	2	0.4%	99%
15	Inadecuado uso de las herramientas	1	1	0	0	0	2	0.4%	99%
16	Insumos con deficiencias y fallas de fábrica	0	1	0	0	0	1	0.2%	100%
17	Alta rotación del personal operativo	1	0	0	0	0	1	0.2%	100%
18	Pérdida de materiales por falta de control	1	0	0	0	0	1	0.2%	100%
TOTAL							459	100%	

Elaboración propia

En la tabla anterior, se observa que los factores más relevantes sobre el problema de la baja productividad son la falta de una metodología para la gestión de producción con 96 puntos y el 20.9 % de frecuencia relativa, seguida por el no contar con procedimientos de carácter estandarizados con 93 puntos y 20.3 % de frecuencia relativa; luego de ello se ubica la falta de indicadores de productividad con 90 puntos y 19.6 % de frecuencia relativa y que no se cuenta con un control a detalle de los tiempos con 86 puntos y 18.7 %. Posterior a dichas causas se encuentran otros factores importantes como la ausencia de formatos para el control

de la productividad y la falta de capacitaciones con 22 y 19 puntos, respectivamente. El escenario descrito anteriormente se presenta de forma didáctica en la siguiente figura 2.

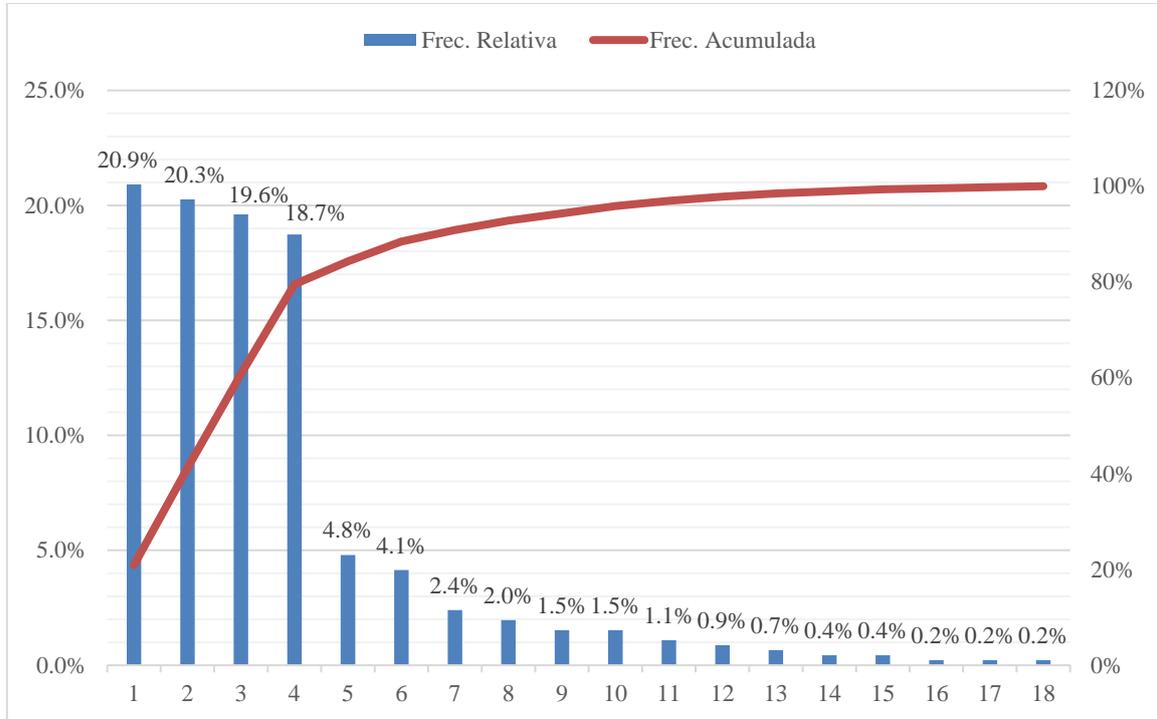


Figura 2 Diagrama de Pareto
Elaboración propia

El análisis a través del diagrama anterior evidencia que los datos obtenidos cumplen con el principio de Pareto donde se señala que el 20% de las causas explica el 80% del problema principal; por lo tanto, se deben plantear una mejora en base a la solución de los factores más relevantes e importantes como la falta de una metodología para la gestión de producción, no se cuenta con procedimientos estandarizados, falta de indicadores de productividad y no se cuenta con un control a detalle de los tiempos que en acumulado las 4 representan 365 puntos de 459, es decir, el 80%.

1.2. Formulación del problema

Problema general

¿En qué medida se incrementa la productividad de la línea de producción de portaretardos mediante la ingeniería de métodos en una empresa del sector metalmecánico, Lima?

Problemas específicos

- ¿En qué medida se reduce el tiempo estándar mediante la ingeniería de métodos en la línea de producción de portaretardos en una empresa del sector metalmecánico, Lima?
- ¿En qué medida se incrementa el tiempo productivo mediante la ingeniería de métodos en la línea de producción de portaretardos en una empresa del sector metalmecánico, Lima?
- ¿En qué medida se incrementa la cantidad producida mediante la ingeniería de métodos en la línea de producción de portaretardos en una empresa del sector metalmecánico, Lima?

1.3.Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Determinar en qué medida se incrementa la productividad de la línea de producción de portaretardos mediante la ingeniería de métodos en una empresa del sector metalmeccánico, Lima.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar en qué medida se reduce el tiempo estándar mediante la ingeniería de métodos en la línea de producción de portaretardos en una empresa del sector metalmeccánico, Lima.
- Determinar en qué medida se incrementa el tiempo productivo mediante la ingeniería de métodos en la línea de producción de portaretardos en una empresa del sector metalmeccánico, Lima.
- Determinar en qué medida se incrementa la cantidad producida mediante la ingeniería de métodos en la línea de producción de portaretardos en una empresa del sector metalmeccánico, Lima.

1.4.Hipótesis

1.4.1.Hipótesis general

Mediante la ingeniería de métodos se incrementa la productividad en la línea de producción de portaretardos en una empresa del sector metalmeccánico, Lima.

1.4.2.Hipótesis específicas

- Mediante la ingeniería de métodos se reduce el tiempo estándar en la línea de producción de portaretardos en una empresa del sector metalmeccánico, Lima.
- Mediante la ingeniería de métodos se incrementa el tiempo productivo en la línea de producción de portaretardos en una empresa del sector metalmeccánico, Lima.
- Mediante la ingeniería de métodos se incrementa la cantidad producida en la línea de producción de portaretardos en una empresa del sector metalmeccánico, Lima.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

Internacionales

De acuerdo con Montoya et al (2020) en su investigación *Method Engineering to Increase Labor Productivity and Eliminate Downtime* como parte de un artículo de investigación para la revista científica *Journal of Industrial Engineering and Management*; tuvo el objetivo principal lograr un incremento en la productividad del proceso a través de la implementación de la metodología de ingeniería de métodos, lo cual también posibilita eliminar los tiempos de espera innecesarios. Para el alcance de esta finalidad fue necesario la identificación de los puntos críticos y el análisis a detalle de cada proceso; a partir de ello se pudo plantear un cambio en el sistema productivo y mejorar con el estudio de métodos y el análisis de los tiempos. En este sentido, la Ingeniería de métodos proporciona una posición competitiva a la industria, mediante la aplicación de tiempo y estudios de movimiento para simplificar y establecer tiempos estándar que permitan optimizar recursos, reducir costos; en este sentido, los centros de trabajo deben ser analizados continuamente con el fin de encontrar una mejor manera de fabricar el producto. La metodología cuenta con un enfoque cuantitativo, de tipo aplicado, de diseño experimental; las herramientas para la recolección de datos fue la ficha de observación.

Los resultados muestran que en el escenario inicial la productividad, expresada como las piezas producidas sobre las horas hombre, para el caso de un operario fue del 20% y luego de la implementación de los cambios paso al 40%, gracias a la reducción de la inactividad para utilizar de una forma efectiva el tiempo y los recursos disponibles. Asimismo, el tiempo del ciclo dura 68 segundos y solo se determina un tiempo muerto de 15 segundos, en tanto que con la presencia de suplementos el tiempo llega a los 74.8 segundos, es decir, el suplemento implica un 22% y el tiempo estándar es de 90 segundos. Por lo tanto, se concluye que a través de un mejor conocimiento sobre el proceso se logra mejorar la productividad y se reducen los tiempos de operación gracias al empleo de la ingeniería de métodos.

Para Supe (2019) en su trabajo titulado *Estudio de los tiempos y movimientos y su incidencia en la productividad en la fabricación de tapas de alcantarillado de la empresa FUNDI*

LASER en la ciudad de Ambato en el año 2018; para obtener el título profesional de Ingeniero Industrial por la Universidad Tecnológica Indoamérica, Ecuador; la cual tuvo como finalidad implementar la ingeniería de métodos a través del estudio de tiempos y movimientos para lograr una mejora de la productividad. Asimismo, se plantean objetivos específicos como el diagnóstico de la situación actual de las actividades de fabricación, determinar el tiempo estándar del proceso, conocer la productividad y establecer si existe una relación entre el estudio de tiempos y movimientos con la productividad. La investigación cuenta con una metodología de enfoque mixto (cualitativo y cuantitativo), de tipo aplicado, de diseño experimental; la población y muestra fue de 13 operarios y las herramientas para la recolección de datos fue la ficha de observación, así como encuestas.

El desarrollo de los resultados muestra que, gracias a la implementación de mejoras en base a la ingeniería de métodos, juntamente con las herramientas de 5M se determinan pilares para el proceso como la recepción de mercadería, la preparación, el moldeo, la fundición, el mecanizado y el pintado. El tiempo estándar se calcula en 948.9 minutos con una cantidad de fabricación de 176 unidades al mes; ante ello, la productividad se calcula en 2.230. Finalmente, con el uso de la estadística inferencial se determina que existe una incidencia del 97% del estudio de tiempos y movimientos sobre la productividad y se recomienda evaluar las actividades que generan un cuello de botella en la producción que puede ser solucionada con la mayor capacitación de los operarios.

Según Takakuwa, Yang y Nagatsuka (2018) en su investigación llamada *Learning the procedure on takt producton of TPS by methods engineering and simulation*, como parte de un artículo científico de la Universidad Chuo, Japón; tuvo el objetivo principal de determinar la importancia de la ingeniería de métodos para mejorar la productividad dentro de los sistemas operativos. Se comenta que la ingeniería de métodos emplea un procedimiento sistematizado para mejorar el sistema de producción inicial a fin de modificar el nivel de desempeño de cada una de las actividades, expresado a través del tiempo. Para ello, emplea técnicas y herramientas de la ingeniería industrial para aprender de forma constante, modificar el proceso de diseño y producción tales como en el sistema Toyota. Otros elementos técnicos de la metodología son el balanceo de la línea, la distribución de la carga de trabajo y la simulación para el estudio de procesos. La metodología fue de tipo aplicado, de enfoque cuantitativo y de nivel descriptivo; las herramientas para la recolección de datos

fue la ficha de estudio de tiempos y la muestra se determinó como los 15 procesos a seguir para la elaboración del producto.

El análisis de los resultados muestra el sistema de planificación de la producción, la medición de los estudios de trabajo, el balanceo de la línea y la simulación del modelo para experimentar con los datos s fin de encontrar el método adecuado para la fabricación. El tiempo estándar de cada actividad fluctúa entre 5.7 y 17.4 segundos. Para el cálculo de la productividad se emplean indicadores como el número de las no conformidades y el *takt time* dentro de un análisis de grupos; en el primer caso se pasa de 4 no conformidades a ninguna y para el segundo indicador el tiempo se reduce de 44 segundos a 33.9 segundos. Por lo tanto, se concluye que la introducción de los estudios de trabajo dentro de un sistema de producción con el diseño de una planificación según la carga de trabajo y la implementación de cambios significativos logra una mejora en las técnicas y un incremento de la productividad.

De acuerdo con Mugmal (2017) en su trabajo titulado *Organización del trabajo a través de la Ingeniería de Métodos y estudio de tiempos para incrementar la productividad en el área de postcosecha de la empresa Floricola Lottus Flowers*, para obtener el título profesional de Ingeniero Industrial por la Universidad Técnica del Norte, Ecuador; en donde la finalidad fue incrementar la productividad de la línea de producción a través de la aplicación de la ingeniería de métodos. En este sentido fue necesario la organización del trabajo como parte de mejorar el sistema inicial de postcosecha, para lo cual fue necesario la identificación de los puntos críticos a solucionar para plantear un nuevo sistema mucho más eficiente que logre la reducción de desperdicios y finalmente, se evalúe el cambio acontecido expresado a través de los indicadores claves. La metodología cuenta con un enfoque cuantitativo, de tipo aplicado, de nivel descriptivo; las herramientas para la recolección de datos fueron los formatos de estudios de tiempo.

En el capítulo de resultados se muestran los pasos a seguir para la implementación de la ingeniería de métodos, así como diagramas que explican a detalle el proceso de cada actividad a fin de conocer los tiempos de cada una. Como parte del análisis se logró reducir la cantidad de actividades para la postcosecha lo cual impacto en el tiempo del proceso que se redujo de 14.05 minutos en el escenario inicial a 13.08 en el final. Por otro lado, la

productividad fue medida como la cantidad de tallos al día producidos por el sector, el cual aumentó de 12,696 unidades a 13,400 unidades, lo que determina la efectividad de la metodología por un aumento de la productividad del 12.3 %. En la perspectiva económica, la mayor producción trae consigo incrementos en los ingresos de US\$ 3,810 a USD 4,020 dólares. Por lo tanto, se concluye que la ingeniería de métodos es un aspecto fundamental para mejorar los sistemas de trabajo y se recomienda su aplicación a otros procesos de la empresa a fin de lograr la mejora continua.

De acuerdo con Orejuela (2016) en *Diseño e implementación de un programa de ingeniería de métodos, basado en la medición del trabajo y productividad en el área de producción de la empresa Servicios Industriales Metalmeccánicos Orejuela SEIMCO, durante el año 2015*, para obtener el grado de Magister en Ingeniería Industrial y Productividad por la Escuela Politécnica Nacional, Ecuador; la cual tuvo como objetivo principal el incremento de la productividad a través de la aplicación de las herramientas de la ingeniería de métodos. Para lograr dicho objetivo fue necesario el análisis de la situación inicial, la identificación de los puntos críticos, el diseño del plan para mejorar los tiempos y movimientos además de los aspectos deficientes para luego compararlos en el escenario posterior a la implementación. La investigación desarrolla una metodología de tipo aplicado, de enfoque cuantitativo, de nivel descriptivo y de diseño experimental; la técnica de recolección de datos fue la observación directa a través de fichas de tomas de tiempo y producción.

Los cambios se basaron en un rediseño del ambiente de trabajo a fin de reducir la fatiga y movilidad del operario para los traslados, modificación de la estructura del producto sin afectar su calidad y la compra de máquinas para mejorar la producción. Luego de la implementación de la ingeniería de métodos se logra un aumento en la productividad de 34%, lo que se expresa en el cambio de 279 a 374 unidades por hora, lo cual influye en el incremento de la producción en 29,794 unidades (20%). En el análisis económico se determina un incremento en la rentabilidad que pasa de USD 82 a 61 dólares por producto fabricado al mes. Por último, se recomienda controlar de forma continua el nuevo sistema implementado para cumplir con las especificaciones técnicas para la calidad del producto, además de desarrollar guías de trabajo para el manejo de los nuevos equipos.

Nacionales

Para Gamarra (2021) en *Aplicación de la ingeniería de métodos para mejorar la productividad en la línea de producción en la empresa Ladrillos Fortes S.A.C – Callanca*, para alcanzar el título profesional de Ingeniero Industrial por la Universidad Señor de Sipán, Pimentel; la finalidad fue lograr un incremento de la productividad en la fabricación mediante la implementación de los lineamientos de la ingeniería de métodos. A partir de ello, se menciona objetivos específicos como la elaboración de un diagnóstico en la zona para identificar los elementos que afectan negativamente en la producción, aplicar la ingeniería de métodos con el estudio del trabajo y estudios de tiempo, calcular la productividad luego de las mejoras y por último, considerar un análisis del beneficio – costo de la implementación. La investigación se realizó bajo una metodología de tipo aplicado, de enfoque cuantitativo y de nivel descriptivo. La población estuvo compuesta por el proceso productivo y la muestra se determinó en 36 trabajadores encargados de la fabricación.

En el análisis de los resultados se muestra el escenario inicial del proceso de fabricación, el cual se modifica a través de la creación de diagramas de proceso y flujo de materiales, se emplean estudios de tiempo para identificar el transcurso entre cada actividad y se dosifica la carga de trabajo a fin de no saturar al operario. Ante dichos cambios se obtienen mejoras dado que el tiempo estándar pasa de 165.3 minutos en el escenario previo a 130.5 minutos en el posterior, es decir una reducción de 35.31 minutos. Por otro lado, la productividad se incrementó en 16.35% dado que se pasó de 10.89 a 12.67 millares de ladrillos por operario; adicionalmente, se incrementó de 0.054 a 0.064 millares de ladrillos por horas hombre (16.67%) y de 0.073 a 0.084 millares de ladrillos por hora -máquina. Finalmente, se recomienda revisar los tiempos de forma frecuente a fin de seguir encontrando mecanismos de mejora ante deficiencias en la producción.

En el trabajo de Magán (2021) denominado *Diseño de ingeniería de métodos para incrementar la productividad en el departamento de reposición en la empresa SODIMAC HOMECENTER, Trujillo Mall -2017*; para obtener el título profesional de Ingeniero Industrial por la Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo; en donde el objetivo principal fue implementar la ingeniería de métodos para mejorar de forma sistemática para aumentar la productividad. Para dicho alcance fue necesario la evaluación del tiempo

estándar del área de reposición, luego se desarrolla la ingeniería de métodos con el empleo de diagramas para determinar el nuevo sistema de trabajo; posteriormente, se diseñan diagramas de operaciones y análisis del proceso, se determina el número de ciclo para finalmente, efectuar una comparación de escenarios del pre y post test. Respecto a la metodología, se menciona que la investigación fue de tipo aplicado, de enfoque cuantitativo y de diseño experimental y transversal. La población fueron todos los flujos de suministros y la muestra corresponde al área de reposición durante una evaluación de 2 meses (octubre y noviembre del 2017).

En el escenario inicial se observa un inadecuado sistema de reposición que se basa en un mal abastecimiento a lo que se suma la inexperiencia del personal y la consecución de actividades repetitivas. Mediante el estudio de métodos se pudo conocer a detalle el tiempo adecuado para cada actividad y así plantear un sistema óptimo para el procedimiento de reposición con la base en diagramas bimanuales, diagrama hombre máquina, estudio de suplementos, entre otros. La productividad experimentó un cambio importante puesto que paso de 3.379 a 4.883 pallets por hora, lo que implica un mejor nivel de servicio en la empresa; el cambio de la productividad fue sometido a la estadística inferencial, en donde se obtuvo un p-valor de $0.000 < 0.05$, lo cual valida la hipótesis del investigador. Por lo tanto, se concluye que la ingeniería de métodos incrementa la productividad.

De acuerdo con Mariátegui y Tapia (2020) en su investigación llamada *Propuesta de mejora basada en la ingeniería de métodos para incrementar la productividad en la fabricación de husillos de cobre en la empresa TAMEFISA*, para alcanzar el título profesional de Ingeniero Industrial por la Universidad Privada del Norte, Lima; donde la finalidad fue lograr un incremento de la productividad mediante la implementación de las herramientas de la ingeniería de métodos. En este sentido, fue necesario el alcance de objetivos específicos como la identificación de la situación inicial de la producción, la determinación de los puntos críticos, el desarrollo de la propuesta de mejora para luego efectuar una comparación en base al estudio de escenarios previo y posterior al cambio. Se cuenta con una metodología de tipo aplicado, de enfoque cuantitativo, de diseño experimental, de nivel descriptivo y de corte longitudinal en el tiempo. La muestra se conformó por en análisis de 30 semanas, siendo 15 para el escenario pretest y 15 para el posterior a la mejora.

El desarrollo de los resultados muestra la importancia de implementar diagramas de flujo, diagramas de operaciones, formatos para la operatividad de los procedimientos (bimanual, hombre – máquina) así como el estudio de suplementos de las actividades para el estudio de tiempos a detalle. Luego de las mejoras se observa una reducción en los indicadores de productividad como el tiempo de ciclo que pasó de 1 hora, 27 minutos y 37 segundos a 1 hora, 2 minutos y 39 segundos; de forma complementaria, la productividad de la mano de obra se incrementa de 59.54% a 62.49%. Por lo tanto, se concluye que la ingeniería de métodos permite aumentar la productividad y se recomienda su aplicación a otros productos de la empresa que presenten deficiencias o retrasos en la producción.

Según Collado y Rivera (2018) en su trabajo denominado *Mejora de la productividad mediante la aplicación de las herramientas de la ingeniería de métodos en un taller mecánico automotriz*; para alcanzar el título profesional de Ingeniero Industrial y Comercial por la Universidad San Ignacio de Loyola, Lima; la finalidad fue determinar en qué medida la implementación de la ingeniería de métodos incrementa la productividad en la mencionada empresa. En el alcance de dicho objetivo fue necesario cumplir con puntos específicos tales como conocer la reducción del tiempo de despacho, el tiempo de trabajo y determinar el incremento de la capacidad de atención del taller, todo ello como un producto de haber implementado las herramientas de la ingeniería de métodos. Se cuenta con una metodología de enfoque cuantitativo, de tipo aplicado, de paradigma positivo y de diseño experimental. La población corresponde a las órdenes de trabajo de los modelos de vehículos y la muestra fue de dichas ordenes desde mayo y agosto.

Los resultados de la investigación determinan que con la implementación de las herramientas de la ingeniería de métodos se logra una reducción del tiempo de despacho de 0.97 a 1.22 horas lo que implica un cambio del 20.5%. Ante ello, se indica que la productividad en el escenario inicial fue de 97.49%, con un tiempo estándar de 73.25 minutos y el 14% de suplementos, en tanto que luego de la implementación la productividad fue de 98.2% con un tiempo estándar de 58.3 minutos. Por último, se concluye que las mejoras implementadas han logrado mejorar la productividad del taller y se recomienda contar con un sistema de control para el mantenimiento de los cambios.

Para Llashag (2018) en Aplicación de la Ingeniería de Métodos para incrementar la productividad en el área de producción de la empresa RS Forte Plast S.A.C., Puente Piedra, 2018, para obtener el título profesional de Ingeniero Industrial por la Universidad César Vallejo, Lima; tuvo el objetivo principal lograr un cambio en la productividad a través de la implementación de las herramientas de la ingeniería de métodos en el área de fabricación. Para medir el cambio de la productividad se tomó como objetivos específicos conocer la mejora a través de la eficiencia (tiempo útil) y eficacia (producción de unidades), en tanto que la implementación se basa el estudio de métodos y la medida del trabajo en el tiempo estándar. La investigación menciona una metodología de tipo aplicada, de enfoque cuantitativo, de nivel descriptivo – explicativo y de diseño experimental. Asimismo, la población y muestra corresponden a la producción por parte de 6 trabajadores durante 4 meses previo a la implementación y 4 meses posteriores. De forma complementaria se indica que los instrumentos para la recolección de datos fueron 4 fichas sobre estudio de tiempos y el análisis de los datos fue mediante el programa SPSS.v23.

En el desarrollo de los resultados se muestra la creación de diagramas y formatos que permitirán desarrollar de forma óptima a través del uso de la ingeniería de métodos en la planificación del trabajo y en la administración de la carga. A partir de ello se logró un cambio en el empleo del trabajo – hombre de 7.28% a 76.6% además de reducir el tiempo estándar de 53.9 a 47.02 minutos. Como muestra de las mejoras se obtuvo un incremento en la productividad de 39% a 64% en los escenarios previo y posterior a la implementación, respectivamente. La eficiencia que expresa el tiempo útil también experimenta un cambio de 59% a 80%, en tanto que la eficacia pasa de 66% a 81%. Por lo tanto, se concluye que la ingeniería de métodos incrementa de forma significativa la productividad y se recomienda la inversión en mejoras de procesos, así como la revisión de los tiempos.

2.2.Bases teóricas

Variable Ingeniería de métodos

De acuerdo con Palacios (2016) la ingeniería de métodos es una disciplina que se encarga del análisis y estudio para la gestión adecuada de las labores del trabajo dentro de un sistema de producción, en tanto que evalúa la disposición y uso de máquinas, medio ambiente,

postura y secuencia de movimientos, a fin de determinar que el operario incremente la productividad. En el sector industrial esta metodología es de amplia extensión puesto que determina la secuencia adecuada de actividades y plantea la distribución de las áreas, de modo que se controla los tiempos y se comparan situaciones para elegir la mejor alternativa como sistema de trabajo.

En palabras de Machado, Llorente y Mugmal (2019) el cambio que significa la implementación de la ingeniería de métodos permite identificar los factores que se deben modificar para lograr un impacto en la productividad a través del uso del estudio de tiempos con el cálculo de tiempo estándar y suplementos. Mediante la facilitación de las actividades de trabajo se obtiene un sistema adecuado para la producción que cuenta con labores repetitivas y monótonas que afectan la operatividad y muchas veces desgastan al trabajador, lo que retrasa la producción.

Por otro lado, para Prasadant y Shukla (2017) el empleo de esta metodología desarrolla un papel importante en los sistemas de producción, en tanto que dentro de la manufactura se requiere de una constante innovación en los sistemas para no afectar al trabajador y seguir en el mejor empleo de los recursos. Para ello, se crean mecanismos y sistemas de trabajo que reduzcan los tiempos de espera y actividades que no agregan valor con el estudio de tiempos. Para el cambio constante se requiere de una identificación de puntos críticos para generar un cambio significativo en búsqueda de la mejora continua.

Según Kiran (2020) para el desarrollo de la ingeniería de métodos dentro de un sistema de producción se requiere de cumplir con algunas consideraciones que se presentan a través de la siguiente figura 3.

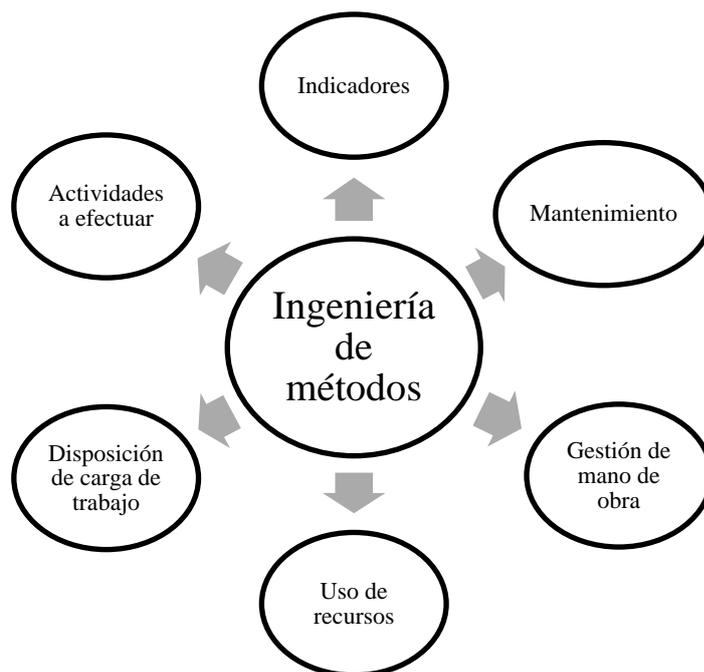


Figura 3 Estudio en la ingeniería de métodos

Fuente: Kiran (2020), elaboración propia

En la figura anterior se muestra que para el estudio de la ingeniería de métodos se debe tomar en cuenta la medición y gestión de indicadores claves, tales como el estudio de tiempos, movimientos, suplementos y similares para lograr identificar la situación final e inicial del sistema evaluado. Por otro lado, se debe tomar en cuenta el mantenimiento de equipos para evaluar el óptimo funcionamiento del sistema, así como tener en cuenta la gestión de la mano de obra; adicionalmente, la ingeniería de métodos considera el adecuado uso de los recursos para lograr un beneficio económico de la empresa. Finalmente, se estudia cada actividad a realizar y así disponer la carga de trabajo para no afectar la funcionalidad de cada operario en el sistema de producción.

Para Gonzales y Arcienagas (2016) la ingeniería de métodos colabora con el alcance de la productividad puesto que gestionar las actividades operativas para el uso del recurso productivo de la mano de obra en sus tiempos, con el uso de un análisis se desarrolla una secuencia sistematizada que no exceda la carga de trabajo adecuada, en tanto que reducir la fatiga permite el alcance de la calidad de los productos. El cuidado de la salud del trabajador es parte vital para el sistema de producción, puesto que se desea contar con la mayor disposición del recurso de mano de obra a fin de ser más competitivos en el mercado.

Asimismo, en Vides, Díaz y Gutiérrez (2018) se mencionan algunos de los mecanismos y técnicas para lograr la implementación de la ingeniería de métodos en el área de producción, lo cual se muestra en la siguiente tabla 2.

Tabla 2

Técnicas para el análisis de la ingeniería de métodos

Técnica	Descripción
Delimitar	En este punto se definen los límites para el estudio a fin de centrarlo en un proceso para la observación
Registrar	Se plasman los datos observados en la realidad con el uso de instrumentos de recolección
Examinar	Se analiza la información y se establece un patrón de acción en base a la realidad
Establecer	Se determinan relaciones para encontrar el método adecuado en el sistema de trabajo
Evaluar	Se buscan formas para lograr el cambio para eliminar las deficiencias de la cadena
Definir	Se elige el nuevo modelo a emplear con un sistema claro de pasos según las condiciones de trabajo
Implementar	Se logra una uniformización de los cambios a fin de estandarizar el sistema de trabajo
Controlar	Con la ayuda de la supervisión constante

Fuente: Vides, Díaz y Gutiérrez (2018)

En la tabla anterior se observa una serie de lineamientos para la implementación de la ingeniería de métodos para el análisis de los datos. En primer término, se hace referencia a la necesidad de delimitar el alcance del estudio, es decir, en este punto se definen los límites para el estudio a fin de centrarlo en un proceso para la observación. En segundo lugar, en la técnica de registrar se plasman los datos observados en la realidad con el uso de instrumentos de recolección para así pasar a la etapa de examinar en donde se analiza la información y se establece un patrón de acción en base a la realidad. A partir de ello, en la técnica de establecer, se determinan relaciones para encontrar el método adecuado en el sistema de trabajo y luego en evaluar se buscan formas para lograr el cambio para eliminar las deficiencias de la cadena. A continuación, se da paso a la técnica de definir en donde se elige

el nuevo modelo a emplear con un sistema claro de pasos según las condiciones de trabajo. Finalmente, se da el paso de implementar, es decir, se logra una uniformización de los cambios a fin de estandarizar el sistema de trabajo y con la etapa de controlar se ayuda a la supervisión constante.

En Prieto y Theran (2016) se comentan algunos de los beneficios de la implementación de la ingeniería de métodos, tales como la determinación de un lugar adecuado para la ejecución de trabajos. Asimismo, se logra establecer la secuencia óptima de pasos para el trabajo operativo en la producción, de forma que no se exceda la carga resistible de trabajadores. Otra de las ventajas es la reducción o eliminación de los desperdicios y de las actividades que no agregan valor al producto final, en tanto que se desea elevar al máximo la productividad del trabajador. Finalmente, se selecciona de forma adecuada los métodos de trabajo según las características del proceso de producción y se permite una medición de los tiempos de cada actividad para plantear alternativas de mejora.

En Vides, Díaz y Gutiérrez (2018) se menciona que es importante contar con lineamientos para desarrollar la ingeniería de métodos y para ello se muestra la secuencia de pasos para la implementación de la mejora en base a la ingeniería de métodos, lo cual se muestra en la siguiente figura 4.

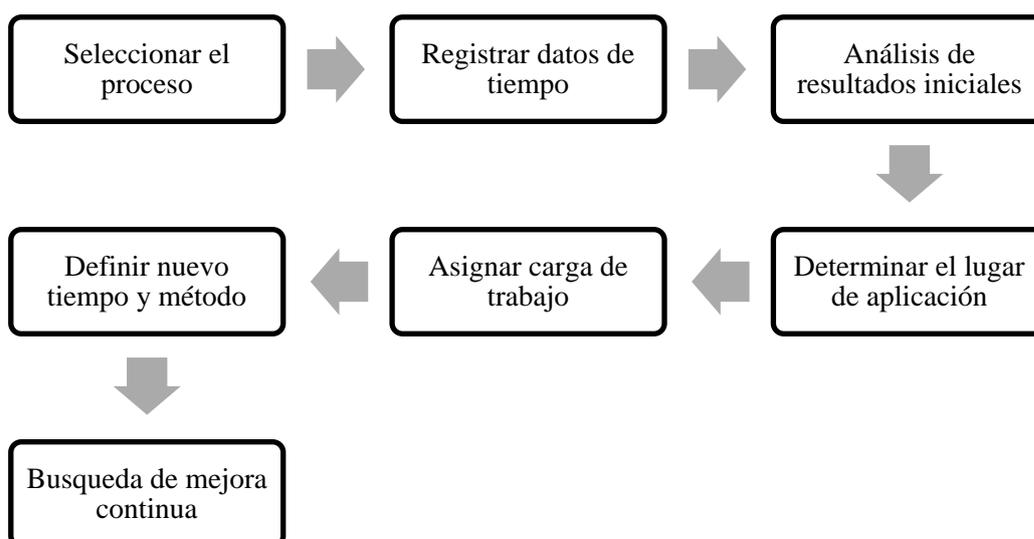


Figura 4 Aplicación de la metodología

Fuente: Vides, Díaz y Gutiérrez (2018), elaboración propia

Como se observa en la figura anterior, la metodología inicia con las selecciones del proceso a mejorar, es decir, se debe tener en claro cuál será el conjunto de actividades a evaluar a fin de lograr una mejor caracterización; a continuación, se da paso al registro de tiempos, lo cual permite conocer a detalle las variaciones de la ejecución. A partir de la información recolectada, se procede con el análisis de los resultados iniciales donde se examinan los puntos a mejorar y las implicancias de cada procedimiento a fin de encontrar los puntos críticos y aspectos a modificar. El diseño de las mejoras trae consigo la elección de un nuevo escenario y ambiente para efectuar el nuevo sistema de operación, en donde se asigna una nueva carga de trabajo para definir el nuevo método y tiempo de las operaciones en un funcionamiento óptimo. Finalmente, se desea alcanzar la mejora continua como parte de un enfoque de calidad total para el incremento de la productividad.

De acuerdo con Kanawaty (2001) para desarrollar la ingeniería de métodos dentro de un sistema de producción, se debe tomar en cuenta el estudio de métodos y la medición del trabajo como base para la mejora del análisis y posterior evaluación de las implicancias del trabajo. En referencia al estudio de métodos se comenta que es el análisis y examen crítico de la situación sobre cómo se desarrollan las labores operativas dentro de una actividad, todo ello con el objetivo de alcanzar mejoras. En otras palabras, es una técnica que permite someter a cada proceso a una evaluación a fin de determinar los elementos innecesarios o desperdicios que retrasen la ejecución, dado que la finalidad es lograr un mejor desempeño a través de una acción consecutiva y rápida por parte del operario en la interacción con su entorno. Las fases de su aplicación son similares a las mostradas en la ingeniería de métodos, puesto que siguen los lineamientos de la ciencia de la ingeniería industrial, tales como el análisis de la situación inicial, determinar puntos críticos y luego plantear mejoras.

Para dicho análisis se cuenta con herramientas que permiten inspeccionar la secuencia del proceso a fin de tener en claro el procedimiento para plantear cambios significativos que no afecten la operatividad y la calidad del producto final. En este sentido, para Ramírez (2017) el diagrama de flujo muestra el movimiento dentro del proceso en las unidades de trabajo mediante una representación vertical u horizontal en donde se emplean símbolos y flechas para relacionar las actividades; como muestra de ello se presenta la siguiente figura 5.

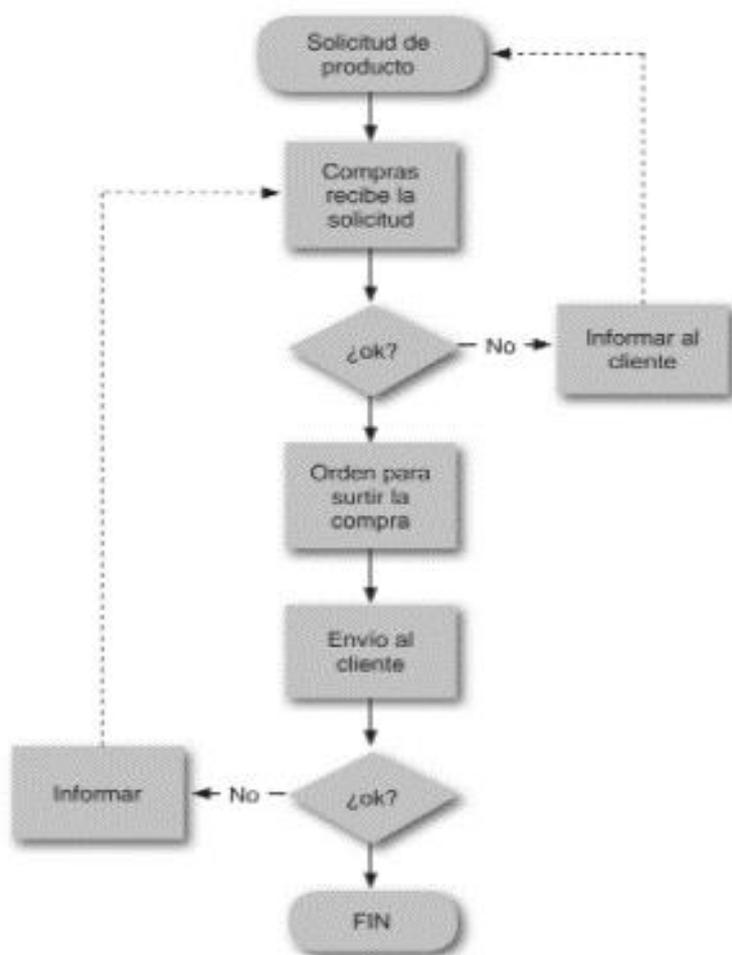


Figura 5 Diagrama de flujo estándar vertical

Fuente: Ramírez (2017)

Se observa que la secuencia de pasos se determina de forma lineal y vertical a fin de tener claro cuáles son los pasos para seguir dentro del proceso determinado; asimismo, se muestra la unión a través de flechas que indican cual sería el siguiente paso, además de que los triángulos representan una toma de decisión. De forma complementaria, el diagrama de flujo funcional muestra las áreas que afectan cada proceso en la figura 6.

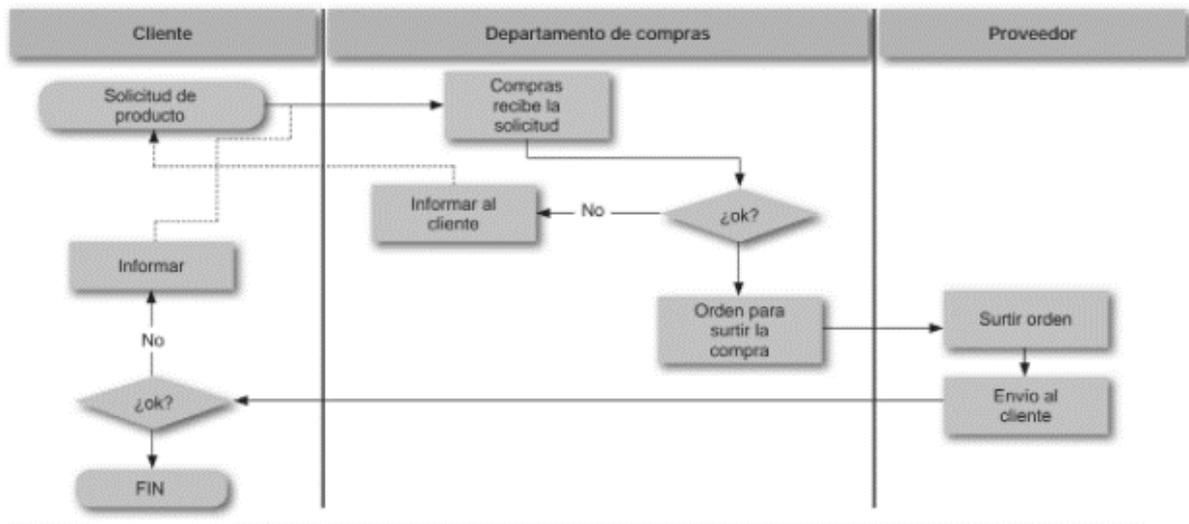


Figura 6 Diagrama de flujo funcional orientado verticalmente

Fuente: Ramírez (2017)

Otro mecanismo importante según Díaz y Noriega (2018) es el diagrama de operaciones del proceso (DOP) o también conocido como cursograma sinóptico que permite describir las operaciones e inspecciones para la elaboración de un bien o determinado procedimiento en análisis a fin de evaluar la secuencia a seguir. A partir de dicho análisis se puede diferenciar entre las labores operativas (círculos) y las inspecciones (cuadrados) así como las actividades combinadas. Para conocer más sobre cada proceso, se coloca un número dentro de cada representación a fin de conocer cuantos pasos han sido requeridos dentro de ese tipo de actividad, lo cual será bastante útil para pasar al análisis dentro de otros diagramas. Como muestra de lo mencionado anteriormente, se presenta la siguiente figura 7.

Diagrama de operaciones de proceso (DOP)

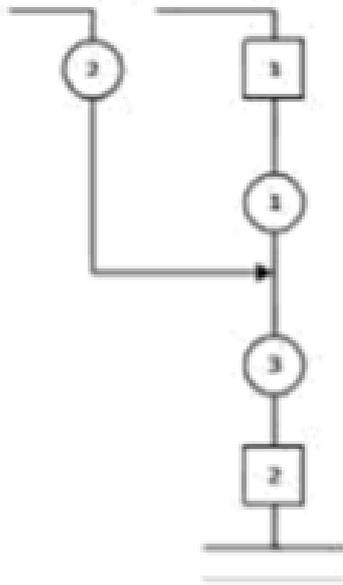


Figura 7 Diagrama de operaciones del proceso (DOP)

Fuente: Díaz y Noriega (2018)

En la misma línea, en Rojas (2017) el cursograma analítico del proceso (DAP) o cursograma analítico permite conocer más a detalle sobre los tiempos de las actividades en las operaciones y el tipo de operación efectuada. Adicionalmente, las actividades pueden ser divididas en operaciones, transporte, inspecciones, espera y almacenamiento; por otro lado, permite determinar el cambio entre el escenario inicial y el planteado sobre el número de las actividades, el tiempo y la distancia. Como muestra de lo mencionado anteriormente, se presenta la siguiente figura 8.

CURSOGRAMA ANALÍTICO		MATERIAL								
Diagrama núm. 2	Hoja núm. 1	Resumen								
Objeto	Actividad	Actual	Pro							
Motores de autobus usados	Operación ○	4	3	1						
	Transporte □	21	15	6						
Actividad Desmontar, desengrasar y limpiar antes de la inspección	Espera ▷	3	2	1						
	Inspección ◐	1	-	1						
Método propuesto	Almacenamiento ▽	1	1	1						
	Distancia (metros)	238.5	150	88.5						
Lugar de desengrase	Tiempo (min./nombre)	—	—	—						
Operarios	Ficha núm. 1234 571	Costo								
Aprobado por:	Fecha	Mano de obra								
		Materiales								
		Total	—	—						
Descripción	Cant.	Distancia (m.)	Tiempo (min.)	Símbolo					Observaciones	
				○	▷	◐	□	▽		
Almacenamiento en local de motores usados										
Motor recogido										
Transportado hasta trailer de desmontes										Grua
Descargado		55								Eléctrico
Desmontado										Monocarril
Transportado hasta jaula de desengrase										
Colocado en jaula		1								A mano
Transportado hasta desengrasadora										Grua
Colocado en desengrasadora		1.5								
Desengrase										
Secado de desengrasado										
Transportado desde desengrasadora										
Descargado en tierra		4.5								
Dejado enfriar										
Transportado hasta bancos de limpieza										
Limpiadas todas las piezas		6								
Recogidas todas las piezas en bodegas especiales										
Esperar transporte		6								
Bandejas y bloque de los cilindros cargados en un camión										
Transportados hasta el departamento de inspección de motores										
Bandejas deslizadas hasta bancos de inspección y bloques hasta plataforma		76								En camión
Total		150		3	15	2	-1			

Figura 8 Diagrama de análisis del proceso (DAP)

Fuente: Rojas (2017)

Para Palacios (2016) el segundo punto para considerar) dentro de la ingeniería de métodos es la medición del trabajo en donde se emplean técnicas para mejorar el desarrollo de una actividad definida según las normas establecidas de ejecución. A partir de este punto es posible determinar el tiempo de cada paso y evaluar la presencia de retrasos, desperdicios y el tiempo de las actividades que no agregan valor para reducirlas a lo largo del tiempo.

productividad y nivel de desempeño de las operaciones. El estudio de tiempos es un elemento complementario y necesario del estudio de métodos y movimientos, dado que se debe evaluar de forma conjunta el desarrollo de las acciones. Para su cálculo se emplea la siguiente ecuación 1.

Ecuación 1: Cálculo de estudio de tiempos

$$\%ET = \frac{\sum_{i=1}^n AAV}{TT} * 100\%$$

Donde:

%ET: Proporción del tiempo que agrega valor

AAV: Aas actividades que agregan valor

n: actividades totales

i: número de actividad

TT: Tiempo total

Dimensión 2: Estudio de movimientos

Según Palacios (2016) El estudio de movimientos comprende el análisis de la operatividad de las acciones para efectuar un trabajo, en tanto que se requiere seguir un ritmo y secuencia adecuada para lograr un estándar de producción. Este estudio es importante puesto que el ser humano es el factor dominante en el sistema productivo y dada sus características naturales, puede fatigarse y ante una inadecuada postura o rutina es posible su lesión o enfermedad; por lo tanto, el estudio de movimientos colabora con la prevención y salud y seguridad en el trabajo. A partir de ello, se muestra en la siguiente expresión matemática de la ecuación 2.

Ecuación 2: Estudio de movimientos

$$\%E.M. = \frac{\sum_{i=1}^n MAV}{TM} * 100\%$$

Donde:

%EM: Proporción de los movimientos que agregan valor

MAV: Movimientos que agregan valor

TM: Total de movimientos

Variable Productividad

Para Buzón (2019) la productividad es un indicador que permite relacionar la cantidad de productos o servicios elaborados en base a la comparación con algún recurso o factor empleado para dicho fin. En este sentido, se pueden mencionar varios enfoques para medir el nivel de productividad, considerando el capital, la mano de obra, los equipos y demás recursos a fin de conocer el desempeño de cada uno. Para lograr una mejora o cambio significativo en el alcance de una productividad más alta es necesario plantear estrategias o tácticas dentro del sistema productivo como la planificación, la comunicación constante, el mantenimiento y fiabilidad del sistema, entre otros.

De forma similar, en Saldarriaga (2019) se indica una secuencia de pasos para lograr una mejora en la productividad como parte de un enfoque de mejora continua, dado que los cambios son de menos a más. El enfoque de mejora debe estar orientado a cumplir los lineamientos del proceso y para ello se muestra la siguiente figura 10.

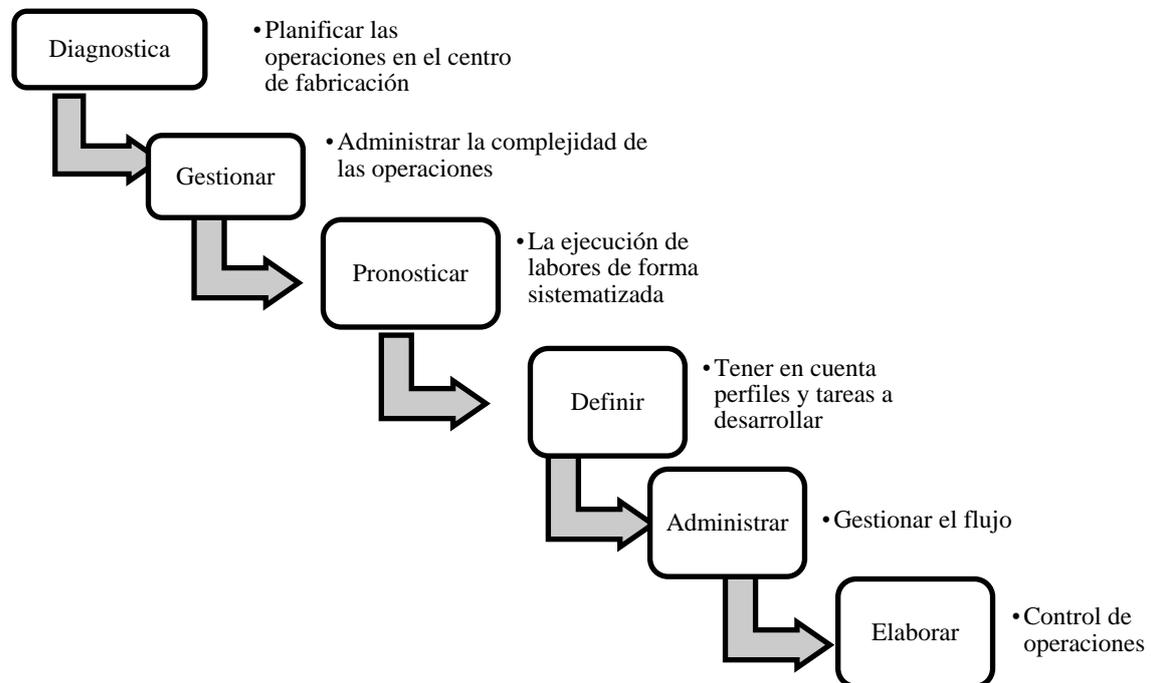


Figura 10 Incremento de la productividad

Fuente: Saldarriaga (2019)

En la figura anterior se observa que para iniciar la mejora de la productividad se debe tener en cuenta el diagnóstico de la situación, es decir, la planificar las operaciones en el centro de fabricación, para luego gestionar la complejidad de las operaciones. A partir de ello será posible pronosticar la ejecución de labores de forma sistematizada para un proceso adecuado y definir los perfiles y tareas a desarrollar. Asimismo, es necesario administrar el flujo del proceso para elaborar el control de operaciones.

Para Socconini (2019) la productividad toma en cuenta el proceso de transformación de recursos con el empleo de factores para determinar el nivel desempeño del sistema, a través de la evaluación de los materiales, maquinas, mano de obra, métodos y medio ambiente. Mediante la gestión de la cadena de valor se pueden lograr cambios en la productividad a fin de combinar los procesos de forma adecuada para la producción sistematizada. De forma amplia se puede definir a la productividad como la relación entre los ingresos y salidas en el sistema para conocer el estado de las mejoras; para ello, es necesario la eliminación de desperdicios y la reducción de las limitantes de la productividad, dado que este factor no se puede extender hasta el infinito, lo cual se muestra en la siguiente tabla 3.

Tabla 3
Limitantes de la productividad

Limitante		Descripción
MURI	Sobrecarga	El exceso de carga hace que se necesite producir por encima de la capacidad, lo que provoca agotamiento.
MURA	Variabilidad	Menciona la falta de uniformidad en el ingreso de recursos, lo que modifica las condiciones de trabajo y retrasa la producción
MUDA	Desperdicio	Elementos que restan valor al proceso o producto final; exceso de inventarios, defectos, esperas.

Fuente: Socconini (2019)

En Martín y Díaz (2016) se comenta que la productividad es la medición de la excelencia dentro del proceso productivo, dado que permite relacionar los recursos empleados para el alcance de un fin, ya sea la fabricación de un bien o la proporción de un servicio; en este sentido, la comparación puede referirse a cualquier factor tradicional. La productividad

además se asocia a la generación de ventajas competitivas y debe ser uno de los objetivos esenciales de toda empresa. Se menciona que es un factor necesario para el crecimiento orientado en el largo plazo en búsqueda de mejorar la eficiencia y eficacia de los medios de producción. La productividad determina la relación entre ingresos y salidas del sistema para evaluar si se está dando una gestión adecuada, lo que permite plantear mejoras en la calidad que debe ir de la mano en todo momento dentro de la producción.

Dimensiones

Dimensión 1: Tiempo estándar

Para Palacios (2016) el tiempo estándar se define como el tiempo que se toma para la ejecución de la actividad considerando el análisis del entorno y todos los aspectos que pueden influir en la ejecución del trabajo, es decir, se incluyen los suplementos. Para su cálculo se presenta la siguiente ecuación 3.

Ecuación 3: Cálculo del tiempo estándar

$$TS = TN + Tsupl$$

Dónde:

TS: Tiempo estándar

TN: Tiempo normal

Tsup: Tiempo de suplementos

Dimensión 2: Tiempo útil

De acuerdo con Izar (2016) el tiempo útil resulta del valor agregado para medir el desempeño real de una actividad como medida proporcional o en valores enteros, a fin de alcanzar el estado óptimo. Dentro de la ejecución de actividades existen actividades que agregan valor a producto o proceso y otras que no; en otras palabras, el tiempo que se utiliza no siempre se destina a una actividad para agregar valor, sino que toma parte de partes complementarias. Para su cálculo se muestra la siguiente ecuación 4.

Ecuación 4: Cálculo del tiempo útil

$$\%T.U. = \frac{\sum TAGV}{TS}$$

Dónde:

%T.U.: Proporción del tiempo útil

TAGV: Tiempo de actividades que agregan valor

TS: Tiempo estándar

Dimensión 3: Productividad de la mano de obra

Según Domínguez (2016) la productividad de la mano de obra se relaciona con el empleo de los recursos productivos para lograr determinada producción u objetivo; en otras palabras, se vincula con la proporción de tiempo que posee el trabajador dentro del total de valor en el producto final, dado que la mano debe mejorar su participación dentro del proceso como evidencia del esfuerzo. Para su cálculo se presenta la siguiente formula de ecuación 5.

Ecuación 5: Cálculo de la productividad de la mano de obra

$$\%Pro = \frac{\sum CP}{Tu}$$

Dónde:

PMO: Productividad de la mano de obra

CP: Cantidad producida

Tu: Tiempo útil horas-hombre

2.3. Definición de términos básicos

1. Actividad: Describe un trabajo dentro de la empresa como parte del proceso de producción, ya sea atómica o compuesta; se pueden dividir en tareas, subprocesos o transacciones (Águila, 2019, p.56).

2. Análisis costo – beneficios: Es aquella evaluación de los gastos incurridos para la implementación comparándolos con los beneficios adicionales o ingresos previstos por el proyecto (Palacios, 2016, p.331).
3. Automatismo: Habilidad de los equipos, mecanismos o sistemas para funcionar de forma automática y secuencial (Buzón, 2019, p.281).
4. Balanceo de línea: Hace referencia al cálculo del número necesario de recursos para el funcionamiento adecuado de la línea de producción (Palacios, 2016, p.331).
5. Ciclo: Es el tiempo en minutos, segundos y horas, incluyendo los suplementos, para efectuar una operación de forma óptima (Palacios, 2016, p.332).
6. Competencias: Habilidad técnica, conceptual o humana para mejorar el desempeño de las operaciones del trabajador. (Palacios, 2016, p.332).
7. Demora: Menciona cualquier tipo de interrupción que genere un retraso en la línea de trabajo, lo que no ocurre en el desarrollo típico de las actividades (Palacios, 2016, p.332).
8. Diagrama de flujo: Es toda aquella representación gráfica de la distribución de un proceso con sus actividades y las trayectorias del traslado de trabajo (Palacios, 2016, p.332).
9. Ergonomía: Ciencia que analiza y evalúa la estación de trabajo, la postura y movimientos efectuados para un entorno adecuado del operador. (Palacios, 2016, p.333).
10. Estación de trabajo: Refiere al espacio físico donde se desarrollan las labores y operaciones de forma específica (Palacios, 2016, p.333).
11. Estudio de métodos: Es el análisis de las operaciones con el objetivo de aumentar la producción a lo largo del tiempo y la reducción de costos (Palacios, 2016, p.333).

12. Estudio de movimientos: Menciona el análisis de los movimientos implicados en la ejecución de labores a fin de reducir y eliminar aquellos que sean innecesarios (Palacios, 2016, p.333).
13. Eventos: Representación de una actividad dentro del proceso de producción que afecta el flujo y posee una causa e impacto en el sistema (Águila, 2019, p.55).
14. Fiabilidad: Hace referencia a la probabilidad del buen funcionamiento de las actividades operativas de un sistema, equipo según las condiciones de trabajo (Buzón, 2019, p.281).
15. Flujo de personal: Es el intercambio del recurso humano entre organizaciones para definir el volumen de la carga de trabajo de acuerdo con la necesidad de producción (Buzón, 2019, p.281).
16. Ingeniería: Menciona el arte de planificar el aprovechamiento de los recursos para efectuar tareas más productivas (Palacios, 2016, p.334).
17. Logística: Rama de la ciencia empresarial que permite el cálculo y análisis para la preparación del abastecimiento de materiales y productos (Palacios, 2016, p.334).
18. Métodos: Empleo de técnicas y teorías innovadoras y moderas para alcanzar cambios significativos en el sistema actual, para lo cual se emplea la habilidad e ingenio (Palacios, 2016, p.335).
19. Objetos de flujo: Son aquellos elementos principales que se describen en el sistema de producción y se clasifican en eventos, actividades y nodos (Águila, 2019, p.55)
20. Operación: Actividad de trabajo que considera el cambio de forma, tamaño o características de un determinado elemento

21. Proceso: Es la serie de operaciones que permite lograr la producción de un bien intermedio o terminado (Palacios, 2016, p.335).

22. Tiempo estándar: Es el tiempo normal adicionado el tiempo de los suplementos en la ejecución de cualquier trabajo (Palacios, 2016, p.333).

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo de investigación

Tipo:

Es de tipo aplicada, dado que en palabras de Ñaupas, Valdivia, Palacios y Romero (2018) “se llaman aplicadas porque se basan en los resultados de la investigación básica, se formulan problemas e hipótesis de trabajo para resolver los problemas de la vida social” (p.136). En otras palabras, se desea resolver un problema de la realidad en base a datos de la empresa para lograr un cambio en la productividad. Esta investigación es aplicada porque busca resolver un problema de la realidad empresarial, específicamente en la línea de producción de portaretardos de dicha empresa.

Enfoque:

Pertenece al enfoque cuantitativo y de acuerdo con Silvestre y Huamán (2019) “el enfoque cuantitativo es riguroso y lineal en su proceso, ya que parte de la identificación de un problema, se plantea hipótesis, se somete el análisis estadístico y se generaliza sus resultados con niveles de significancia, es un proceso deductivo” (p.115). En la presente investigación se emplean indicadores numéricos para evaluar el nivel desempeño y analizar si se logró cumplir con los objetivos planteados siendo este enfoque, el más adecuado o pertinente.

Nivel:

El nivel es explicativo, dado que según Hernández y Mendoza (2018) estos estudios “están dirigidos a responder por las causas de los eventos y fenómenos de cualquier índole (...) se centra en explicar porque ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta o porque se relacionan dos o más variables” (p.113). En esta investigación el nivel explicativo se justifica puesto que se busca identificar los factores críticos o relevantes para plantear soluciones de mejora en dichos factores o causas y así resolver el problema detectado.

Diseño de la investigación:

El diseño pertenece al tipo experimental, en tanto que para Hernández y Mendoza (2018) “los diseños experimentales manipulan y prueban tratamientos, estímulos, influencias o

intervenciones (denominadas variables independientes) para observar sus efectos sobre otras variables (las dependientes) en una situación de control” (p.152). Corresponde a un diseño experimental, puesto que se pretende manipular la variable independiente o ingeniería de métodos y ver los efectos en la variable productividad, siendo el caso en esta investigación.

3.2. Población y muestra (materiales, instrumentos y métodos)

Población

Para Hinojosa (2017) “la población objeto de estudio está constituida por la cantidad total de personas, de empresas, de instituciones, a las cuales se contempla aplicar el instrumento de medición de la investigación” (p.95). En este sentido, la población en estudio corresponde a toda la producción metalmeccánica en 12 meses en la empresa.

Muestra

Según Ñaupas, Valdivia, Palacios y Romero (2018) “la muestra es la parte seleccionada de una población o universo sujeto a estudio, y que reúne las características de la totalidad, por lo que permite la generalización de los resultados (p.334). A partir de ello, se puede mencionar que la muestra para el estudio se determinó en la producción de portaretardos en 12 meses en la empresa, siendo 6 del escenario previo y 6 del posterior.

Muestreo

Para Valderrama (2019) el muestreo “es el proceso de selección de una parte representativa de la población, la cual permite estimar los parámetros de la población. Un parámetro es un valor numérico que caracteriza a la población que es objeto de estudio” (p.188). En este sentido, se aplicó el muestreo no probabilístico por conveniencia, en tanto que de acuerdo con Ñaupas, Valdivia, Palacios y Romero (2018) “el criterio que prima en este muestreo es la intención que persigue la investigación” (p.342). Esta investigación realiza un muestreo probabilístico aleatorio simple, puesto que es el más adecuado a las necesidades de la investigación, siendo necesario acudir a la probabilidad estadística para así contar con rigor científico.

3.3.Operacionalización de las variables

Variable independiente: Ingeniería de métodos

Definición Conceptual

De acuerdo con Palacios (2016) la ingeniería de métodos es una disciplina que se encarga del análisis y estudio para la gestión adecuada de las labores del trabajo dentro de un sistema de producción, en tanto que evalúa la disposición y uso de máquinas, medio ambiente, postura y secuencia de movimientos.

Definición Operacional

Se emplea la ingeniería de métodos, sus dimensiones herramientas a fin de lograr un cambio positivo en la productividad, es decir, se planifica el trabajo y la carga para cada operario, se reducen los tiempos muertos y se eliminan desperdicios a fin para mejorar la productividad dentro del proceso de producción de portaretardos.

Dimensiones

- Estudio de tiempos: De acuerdo con Palacios (2016) el estudio de tiempos consiste en determinar el tiempo necesario para realizar el total de actividades dentro de un sistema de producción; en este sentido, se debe tener en cuenta los suplementos, fatigas y condiciones del ambiente. Asimismo, es necesario identificar las actividades que agregan valor y las que no, en tanto que se desea lograr una menor cantidad de desperdicios para el incremento de la productividad y nivel de desempeño de las operaciones
- Tiempo de movimientos: Según Palacios (2016) El estudio de movimientos comprende el análisis de la operatividad de las acciones para efectuar un trabajo, en tanto que se requiere seguir un ritmo y secuencia adecuada para lograr un estándar de producción. Este estudio es importante puesto que el ser humano es el factor

dominante en el sistema productivo y dada sus características naturales, puede fatigarse y ante una inadecuada postura o rutina es posible su lesión o enfermedad; por lo tanto, el estudio de movimientos colabora con la prevención y salud y seguridad en el trabajo

Variable dependiente: Productividad

Definición Conceptual

Para Buzón (2019) la productividad es un indicador que permite relacionar la cantidad de productos o servicios elaborados en base a la comparación con algún recurso o factor empleado para dicho fin. En este sentido, se pueden mencionar varios enfoques para medir el nivel de productividad, considerando el capital, la mano de obra, los equipos y demás recursos a fin de conocer el desempeño de cada uno.

Definición Operacional

Se requiere un cambio en la productividad a través de la implementación de la ingeniería de métodos, lo cual se refleja en el tiempo útil y la productividad del operario. A partir de ello se mostrarán los cambios de la producción, el sistema de desempeño de los trabajadores, así como otras implicancias en el tema.

Dimensiones.

- **Tiempo estándar:** Para Palacios (2016) el tiempo estándar se define como el tiempo que se toma para la ejecución de la actividad considerando el análisis del entorno y todos los aspectos que pueden influir en la ejecución del trabajo, es decir, se incluyen los suplementos.
- **Tiempo útil:** De acuerdo con Izar (2016) el tiempo útil resulta del valor agregado para medir el desempeño real de una actividad como medida proporcional o en valores enteros, a fin de alcanzar el estado óptimo. Dentro de la ejecución de actividades existen actividades que agregan valor a producto o proceso y otras que no.

- Productividad de la mano de obra: Según Domínguez (2016) la productividad de la mano de obra se relaciona con el empleo de los recursos productivos para lograr determinada producción u objetivo; en otras palabras, se vincula con la proporción de tiempo que posee el trabajador dentro del total de valor en el producto final, dado que la mano debe mejorar su participación dentro del proceso como evidencia del esfuerzo.

Tabla 4

Matriz de operacionalización

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicadores
Ingeniería de métodos	De acuerdo con Palacios (2016) la ingeniería de métodos es una disciplina que se encarga del análisis y estudio para la gestión adecuada de las labores del trabajo dentro de un sistema de producción, en tanto que evalúa la disposición y uso de máquinas, medio ambiente, postura y secuencia de movimientos,	Se emplea la ingeniería de métodos, sus dimensiones herramientas a fin de lograr un cambio positivo en la productividad	Estudio de Tiempos	$\%E.T. = \frac{\sum AAV}{TT}$ AAV: Actividades que agregan valor TT: Tiempo total
			Estudio de Movimientos	$\%E.M. = \frac{\sum MAV}{TM}$ MAV: Movimientos que agregan valor TM: Total de movimientos
Productividad	Para Buzón (2019) la productividad es un indicador que permite relacionar la cantidad de productos o servicios elaborados en base a la comparación con algún recurso o factor empleado para dicho fin	Se requiere un cambio en la productividad a través de la implementación de la ingeniería de métodos, lo cual se refleja en el tiempo útil y la productividad del operario	Tiempo Estándar	$TS = TN (1 + Supl.)$
			Tiempo útil o productivo	$\%T.U. = \frac{\sum TAGV}{TS}$
			Productividad de mano de obra	$\%Pro = \frac{Jornada\ laboral}{TSMO}$

Elaboración propia

Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

Técnicas de recolección

En palabras de Silvestre y Huamán (2019) “Las técnicas de investigación vienen a ser un conjunto de procedimientos que el investigador utiliza para lograr determinadas metas o resolver un problema en específico (p.343). Por lo tanto, para la recolección de datos se emplean técnicas que permitan cumplir con el rigor científico y así tener la certificación que la información cumple con los requerimientos deseados.

Observación directa

Para Baena (2016) “la observación directa es aquella donde el mismo investigador procede a la recopilación de información, sin dirigirse a los sujetos involucrados; recurre directamente a su sentido de observación” (p.97). En otras palabras, se compromete al investigador con su medio para efectuar un análisis crítico en la recopilación de información necesaria para la investigación

Análisis documental

De acuerdo con Ñaupas, Valdivia, Palacios y Romero (2018) “esta técnica se constituye en un instrumento de respuesta a esta curiosidad natural del hombre por descubrir la estructura interna de la información, bien en su composición, en su forma de organización o estructura” (p.391). Esta técnica permite recolectar información de la situación previa de la producción de la empresa metalmeccánica en base a reportes o informes.

Instrumento

Según Ñaupas, Valdivia, Palacios y Romero (2018) “son las herramientas conceptuales o materiales, mediante los cuales se recoge los datos e informaciones, mediante preguntas, ítems que exigen respuestas del investigado” (p.273). Por lo tanto, se requiere de un elemento para recolectar la información necesaria para el alcance de los objetivos planteados por el investigador.

Ficha de recolección de datos

De acuerdo con Ñaupas, Valdivia, Palacios y Romero (2018) “es una técnica de investigación para recoger o recopilar información, relevante con alto grado de veracidad, de fuentes documentales con el objetivo de verificar las hipótesis del trabajo, de un protocolo de investigación (p.308). A partir del empleo de la ficha de recolección de datos se puede recoger información sobre las variables de acuerdo con la observación de forma sistemática del escenario y así cuantificar los cambios, las cuales se detallan en el Anexo 2.

3.4.Procedimiento

En la búsqueda de alcanzar una sistematización en el proceso de investigación, se debe tener en cuenta el procedimiento, en otras palabras, el conjunto de pasos a seguir en el cumplimiento de los objetivos con el rigor científico necesario; por lo tanto, se plantea lo siguiente:

- Requerimiento del permiso en la empresa para acceder a la información y recolectar datos con fines académicos
- Análisis de la realidad inicial para asociarse con el problema con el objetivo de completar las fichas de recolección de datos
- Creación de una base de datos para obtener indicadores iniciales sobre el nivel de producción, tiempos y movimientos
- Identificación de los puntos críticos para mejorar la situación inicial y lograr un cambio significativo en el proceso de fabricación
- Desarrollo de la metodología en las condiciones de trabajo con la finalidad de cumplir los objetivos de investigación
- Análisis de los resultados y redacción de las conclusiones del caso.

3.5. Aspectos éticos

En la presente investigación se tuvo debida consideración y respeto por las fuentes o referencias bibliográficas citadas sobre la base de la normativa APA séptima edición.

Para la realización del estudio se solicitó la licencia o autorización respectiva a los responsables del área. La aplicación y ejecución de los instrumentos fue de modo anónimo, del mismo modo como los datos obtenidos se mantuvieron en confidencialidad, con uso estrictamente académico. Los datos e información proporcionada son confiable y veraz, la misma que ha sido procesada e interpretada debidamente por los investigadores. De igual, se manifiesta que este documento toma en consideración los lineamientos y directrices establecidas por la Universidad Privada del Norte para su desarrollo integral.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS

4.1. Situación inicial

Para el análisis de resultados fue preciso detallar la situación inicial de los indicadores a fin de plantear una alternativa de solución que logre resolver los principales inconvenientes. A partir de ello, se tomó como escenario previo el transcurso de 6 meses en donde se evidenció la evolución de los tiempos de ejecución y la productividad en la línea de portaretardos.

Variable independiente: Ingeniería de métodos

El análisis de la ingeniería de métodos fue posible a través del estudio de las dimensiones que lo explican a saber, el estudio de tiempos y movimientos. En este sentido, se presenta una inspección de dichos indicadores a lo largo de los 6 meses previos a la implementación de cambios mediante la siguiente tabla 5.

Tabla 5
Análisis de la ingeniería de métodos previo

Periodo	Estudio de tiempos			Estudio de movimientos		
	AAV	TT	%ET	MAV	TM	%EM
Mes 1	02:10:05	3:06:09	69.88%	36	64	56.3%
Mes 2	02:13:18	3:09:31	70.34%	38	62	61.3%
Mes 3	02:09:25	3:10:23	67.98%	37	65	56.9%
Mes 4	02:08:21	3:06:11	68.94%	41	66	62.1%
Mes 5	02:09:30	3:11:14	67.72%	39	72	54.2%
Mes 6	02:13:23	3:19:48	66.76%	38	77	49.4%

Elaboración propia

Como se observa en la tabla anterior el estudio de tiempos explica la proporción de las actividades que agregan valor sobre el tiempo total de las operaciones; dicho indicador muestra un desempeño irregular con tendencia a la baja, dado que se inicia con 69.88% y culmina en 66.76%; ello indica que las actividades que agregan valor no ocupan un lugar importante dentro del sistema productivo. Por otro lado, el estudio de movimientos refleja un escenario similar, dado que la proporción de los movimientos que agregan valor se

reducen del 56.3% hasta el 49.4%, lo cual demuestra que las actividades que no agregan valor cuentan con muchos desperdicios o elementos repetitivos que retrasan el sistema de producción. Para graficar el escenario descrito se presenta la siguiente figura 11.

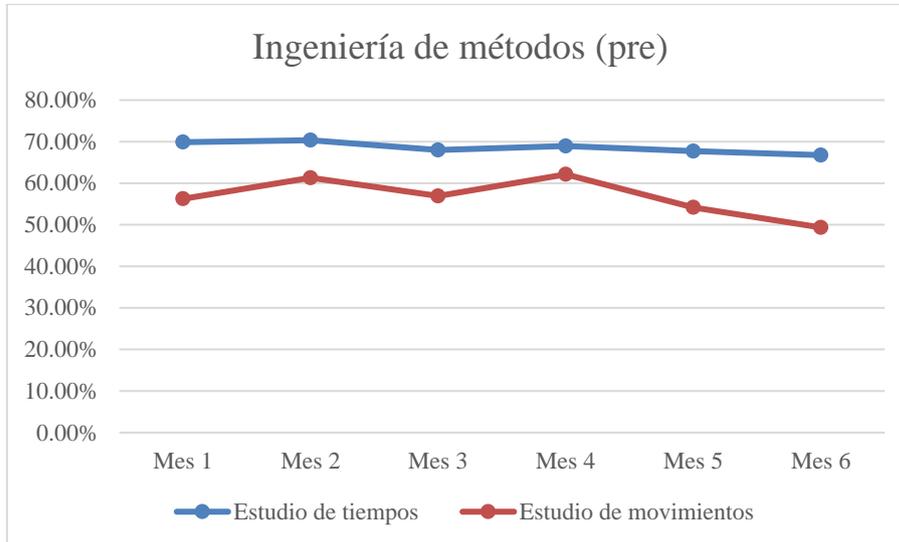


Figura 11 Análisis de la ingeniería de métodos previo
Elaboración propia

En el escenario previo a la implementación de mejoras dentro del área de operaciones de la empresa se observa una tendencia a la baja de los indicadores del estudio de tiempos y movimientos, dado que no se logra adecuar el sistema de producción hacia la eficiencia para lograr un mayor estándar y nivel de calidad. Esta problemática tiene repercusiones en la productividad, tal como se muestra en la siguiente sección.

Variable dependiente: Productividad

Respecto al análisis de la productividad, se comenta su alcance a través de tres dimensiones claves como el tiempo útil y la productividad de la mano de obra en los meses previos a la implementación de la metodología.

Dimensión Tiempo Estándar

En primer lugar, se comenta sobre el tiempo normal, el tiempo de los suplementos para determinar el tiempo estándar de la producción de portaretardos. En este sentido, la

información sobre los tiempos durante los 6 meses previos a la implementación se presenta a través de la siguiente tabla 6.

Tabla 6
Análisis del tiempo estándar previo

Periodo	Tiempo estándar		
	Tiempo normal	Tiempo de suplementos	Tiempo estándar
Mes 1	2:40:24	0:25:45	3:06:09
Mes 2	2:43:18	0:26:13	3:09:31
Mes 3	2:44:03	0:26:20	3:10:23
Mes 4	2:40:26	0:25:45	3:06:11
Mes 5	2:44:47	0:26:27	3:11:14
Mes 6	2:52:10	0:27:38	3:19:48

Elaboración propia

A lo largo de 6 meses se ha evidencia el desarrollo de los tiempos para la fabricación, en donde se observa que el tiempo normal de las actividades se ha incrementado de forma sostenida, pasando de 2 horas con 40 minutos y 24 segundos en el primer mes hasta las 2 horas con 52 minutos y 10 segundos en el sexto mes, lo cual implica que no se cuenta con un enfoque de eficiencia en el uso de los recursos. Por otro lado, el tiempo de los suplementos, es decir, el lapso de las actividades complementarias para no fatigar al trabajador se ha incrementado desde 25 minutos con 45 segundos hasta los 27 minutos y 38 segundos, ello evidencia que se exige de forma inadecuada al colaborador y se genera un exceso de fatiga por las condiciones deficientes de trabajo. Por otro lado, el tiempo estándar también ha experimentado un incremento considerable puesto que se pasa de 3 horas con 6 minutos y 9 segundos hasta 3 horas con 19 minutos y 48 segundos entre el primer y sexto mes, respectivamente. Para graficar el escenario descrito en las líneas anteriores se presenta la figura 12.

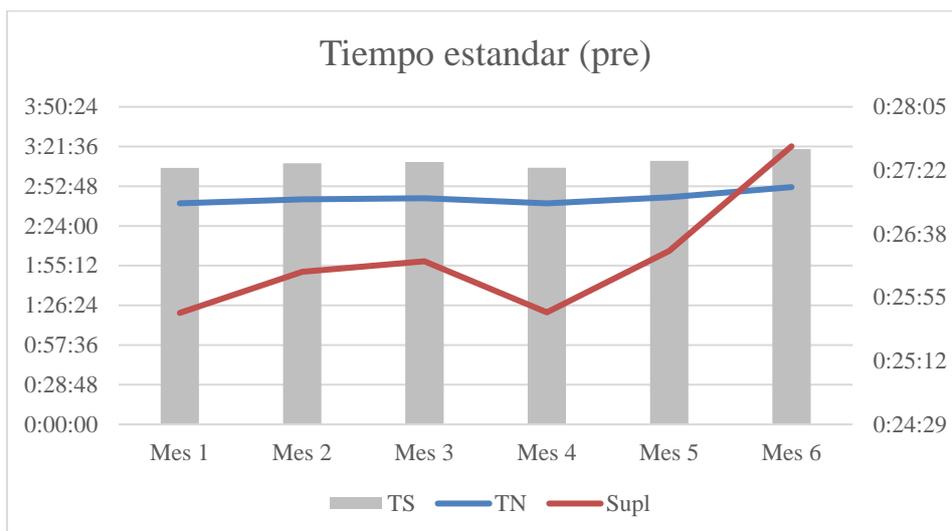


Figura 12 Análisis del tiempo estándar previo
Elaboración propia

En la figura anterior se evidencia una tendencia creciente de los tiempos durante los meses de evaluación previa, en tanto que la curva más pronunciada pertenece al tiempo de suplementos con incrementos de mayor pendiente en el quinto y sexto mes. El escenario implica que los tiempos no han podido ser reducidos como parte de una política de automatización y empleo de tecnología de punta, puesto que no se ha considerado un efecto por la fatiga de trabajadores y la organización del trabajo.

Dimensión: Tiempo útil

El tiempo útil logra relacionar el total del tiempo de las actividades que agregan valor respecto al tiempo estándar, siendo importante acotar que se espera un mayor incremento de la proporción del tiempo de las actividades que agregan valor a fin de transmitir al producto la calidad necesaria. Para conocer los tiempos durante el periodo de análisis se presenta la siguiente tabla 7.

Tabla 7

Análisis del tiempo útil previo

Periodo	Tiempo útil		
	TS AGV	TS	(%)
Mes 1	02:30:58	3:06:09	81.1%
Mes 2	02:34:42	3:09:31	81.6%
Mes 3	02:30:11	3:10:23	78.9%
Mes 4	02:30:11	3:06:11	80.7%
Mes 5	02:30:17	3:11:14	78.6%
Mes 6	02:34:47	3:19:48	77.5%

Elaboración propia

En la tabla anterior se observa que si bien es cierto el tiempo de las actividades que agregan valor se ha incrementado de forma leve a lo largo de primeros seis meses, la proporción sobre el tiempo estándar ha disminuido puesto que el tiempo estándar se ha incrementado en mayor medida, es decir, existen actividades que no agregan valor que aún ocupan gran parte del tiempo total y ello no es adecuado en un enfoque deseado de productividad. Se observa que el tiempo útil ha mostrado un comportamiento irregular, dado que fue de 81.1% en el primer mes, luego incrementó a 81.6% en el segundo mes, se redujo a 78.9% en el tercer mes para aumentar a 80.7% en el cuarto mes y posteriormente mostrar reducciones constantes hasta llegar a 77.5% en el sexto mes, siendo este su valor más bajo. A partir de ello, se planteó una metodología que logre solucionar la problemática identificada. Como muestra didáctica de la realidad se presenta la siguiente figura 13.

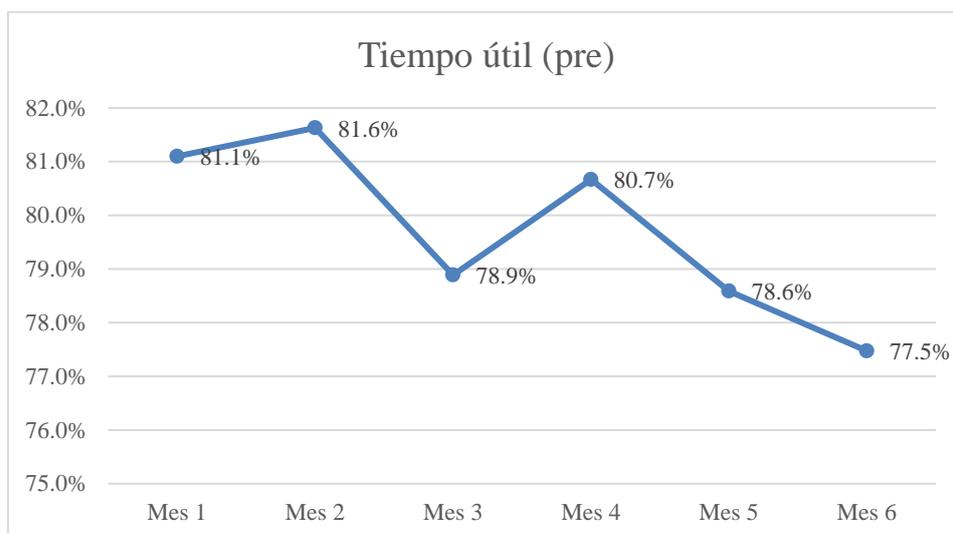


Figura 13 Análisis del tiempo útil previo

Elaboración propia

El comportamiento irregular con tendencia a la baja del tiempo útil refleja que la empresa aún no cuenta con un sistema adecuada para la gestión de las actividades en la producción, por lo que se mantienen actividades que no agregan valor y generan desperdicios en la fabricación de portaretardos.

Dimensión: Productividad de la mano de obra

El segundo aspecto importante sobre la productividad corresponde al empleo de la mano de obra de los trabajadores, en tanto que se espera lograr una mayor cantidad de ciclos de producción en la jornada laboral establecida en 8 horas; para ello, se planteó una relación en base al tiempo estándar de la mano de obra mediante la tabla 8.

Tabla 8

Análisis de la productividad de mano de obra previo

Periodo	Productividad mano de obra		
	TSMO	Jornada laboral	PMO
Mes 1	02:08:48	08:00:00	3.73
Mes 2	02:12:39	08:00:00	3.62
Mes 3	02:14:06	08:00:00	3.58
Mes 4	02:11:27	08:00:00	3.65
Mes 5	02:16:18	08:00:00	3.52
Mes 6	02:23:43	08:00:00	3.34

Elaboración propia

Para determinar la productividad de la mano de obra se ha tomado en cuenta el tiempo estándar del empleo de dicho recurso, el cual se ha incrementado a lo largo de 6 meses; ello implica que el ciclo productivo se reduce puesto que los colaboradores se tardan más tiempo en la fabricación de los portaretardos. Se evidencia que el tiempo estándar de la mano de obra se incrementó de 2 horas con 8 minutos y 48 segundos hasta las 2 horas con 23 minutos y 43 segundos; si se considera el tiempo de la jornada laboral estable en 8 horas, se obtienen disminuciones para la productividad que pasa de 3.73 a 3.34 durante 6 meses y dicho cambio se refleja en la figura 14.

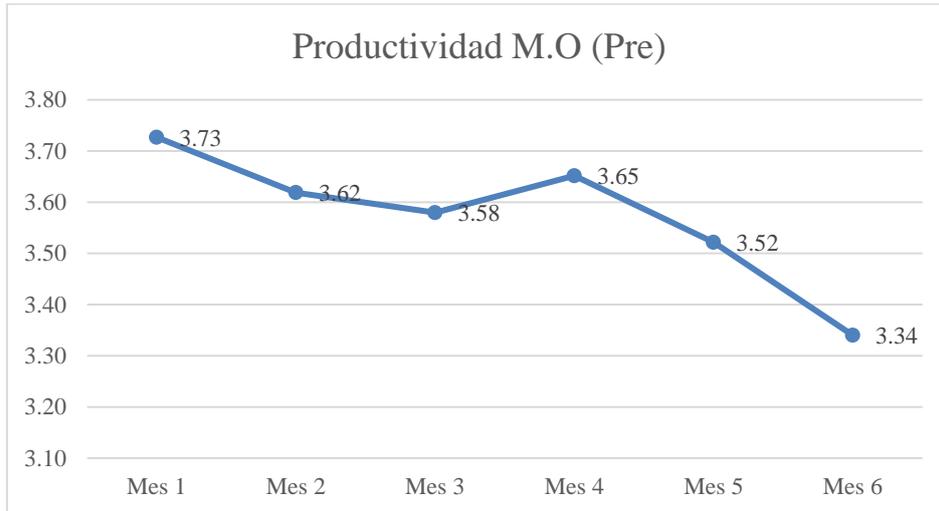


Figura 14 Análisis de la productividad de mano de obra previo
Elaboración propia

La productividad de la mano de obra es un factor importante puesto que determina la efectividad del empleo de este importante recurso productivo, en tanto que es una métrica del nivel de desempeño de las operaciones. En la figura se observa que no se han logrado incrementos significativos durante 6 meses sino más bien todo lo contrario, la productividad se reduce puesto que no existe un sistema de control que logre mejorar de forma constante el escenario, tal como se ha evidenciado en la realidad problemática.

4.2. Análisis de puntos críticos

En el análisis de la realidad problemática se identificó que el problema central se basa en la baja productividad en la producción de portarretardos y mediante el análisis de Pareto fue posible identificar las causas que impactan en mayor medida sobre este problema a fin de plantear soluciones efectivas; el comentario sobre cada una de estas causas se muestra en las siguientes líneas.

Falta de indicadores de productividad

Otros aspectos importantes fue no contar con indicadores de productividad, en tanto que, si bien es cierto que se cumplen con los requerimientos del cliente y de la gerencia en la fabricación de portarretardos, no se considera si el desempeño inicial es el adecuado o se requieren de ajustes para emplear mejor los recursos productivos e incrementar la

producción para lograr un rentabilidad más alto. En este sentido, los cambios deben orientarse en formular indicadores que reflejen el uso del tiempo para mostrar la productividad y poder supervisar el alcance de objetivos.

Falta de una metodología para la gestión de producción

Una de las causas con mayor nivel de impacto sobre el problema central de la baja productividad fue la falta de una metodología en la gestión de la producción, es decir, los trabajos no se efectúan bajo los lineamientos de un método o sistema de gestión, sino todo lo contrario. El no contar con una metodología trae limitaciones importantes en el desarrollo de operaciones puesto que no se sigue un parámetro de funcionamiento ordenado y sistematizado para el trabajo, ello implica que las actividades se realizan de forma empírica y sin una planificación adecuada que permita alcanzar los estándares de calidad y menor empleo de recursos (entre ellos el tiempo de trabajadores). A partir de ello, se genera desorden y altos niveles de desperdicios que impactan de forma negativa sobre el tiempo de producción de los portaretardos y como muestra se presenta la siguiente figura 15.



Figura 15 Evidencia de falta de una metodología para la gestión de producción
Elaboración propia

Como se observa en la figura anterior, en el área de producción se encuentran espacios con gran desorden y ello refleja que no existe una metodología que guie los trabajos de

producción, los desperdicios retrasan los tiempos de espera y logran reducir la productividad en el mediano plazo; por lo tanto, se debe contar con lineamientos básicos para la fabricación de portaretardos y controlar su cumplimiento.

No se cuenta con procedimientos estandarizados

Un aspecto crítico se basa en no contar con procedimientos estandarizados, lo cual refleja que las actividades se realizan de forma empírica, es decir, en base a los conocimientos del operario sobre la forma de producir los bienes finales. En la empresa se cuenta con trabajadores de gran experiencia para la fabricación, sin embargo, ante la rotación de personal se debe efectuar un proceso de capacitación que no es fácil puesto que no se cuenta con procedimientos estandarizados para la producción, es necesario formular un procedimiento de trabajo, diagramas de flujo, entre otras herramientas que controlen la secuencia y operatividad de acciones como en la figura 16.



Figura 16 No se cuenta con procedimientos estandarizados.

Elaboración propia

En la figura se refleja que el trabajador se encuentra en la fabricación del producto, pero sin contar con fichas o formatos que reflejen un control de las operaciones, ello conlleva a errores o imprevistos que afectan la productividad final.

No se cuenta con un control a detalle de los tiempos

Por último, se comenta que no se cuenta con un control a detalle de los tiempos de fabricación por lo que es difícil controlar si el desempeño es el adecuado; a partir de ello, es necesario investigar a fondo el tiempo requerido para cada actividad y así establecer un lineamiento base del tiempo normal y los suplementos necesarios para el cálculo del tiempo estándar de la producción figura 17.



Figura 17 No se cuenta con detalle de los tiempos.
Elaboración propia

4.3. Implementación de mejoras

La implementación de cambios fue posible a través de pasos y actividades claves para el proceso de producción, en tanto que estas se desarrollan a lo largo de 6 meses a fin de establecer modificaciones que perduren en el tiempo y se cree el hábito de mantenerlas. Para mostrar los cambios se presenta la siguiente tabla con el diagrama de Gantt, tabla 9.

Tabla 9

Diagrama de Gantt

Fase	Actividad	M1				M2				M3				M4				M5				M6							
		S1	S2	S3	S4																								
Gestión del área de trabajo	Limpieza del taller	■				■				■				■				■				■				■			
	Orden en el taller		■				■				■				■				■				■				■		
	Rotulado del área		■	■	■																								
	Disposición de máquinas		■	■	■																								
Programa de capacitación de trabajadores	Procedimiento operacional	■					■					■					■				■				■				■
	Sistema de producción		■				■					■				■				■				■				■	
	Factores de productividad			■				■				■				■				■				■				■	
	Estudio de tiempos				■				■				■				■				■				■				■
	Ingeniería de métodos				■			■				■				■				■				■				■	
Repaso de todos los temas				■				■				■				■				■				■				■	
Estudio de tiempos	Diagrama de análisis del proceso			■	■			■	■																				
	Diagrama de operaciones del proceso			■	■			■	■																				
	Análisis del tiempo normal							■	■			■	■			■	■			■	■			■	■			■	■
	Análisis de suplementos							■	■			■	■			■	■			■	■			■	■			■	■
	Análisis del tiempo estándar							■	■			■	■			■	■			■	■			■	■			■	■
Sistema de controles	Diseño de formatos de inspecciones de trabajo											■	■			■	■												
	Control de tiempos															■	■			■	■			■	■			■	■
	Programa de auditorías																			■	■			■	■			■	■
	Mejora continua																							■	■			■	■

Elaboración propia

En la tabla anterior se indica la presencia de 4 fases para la implementación de la ingeniería de métodos en el proceso de producción y todo inicia con la gestión del área de trabajo; para ello es necesario contar con programación y lineamientos para la limpieza del taller, así como efectuar de forma constante el orden en el taller, adicionalmente se propone el rotulado del área junto con los equipos y herramientas más frecuentes de uso a fin de contar con un lugar adecuado para cada uno, lo que implica la disposición de máquinas para un transporte rápido según la secuencia operativa. En segundo lugar, se menciona el programa de capacitación de trabajadores, en donde se detallarán aspectos como el procedimiento operacional en la fabricación de portaretardos, el sistema de producción en serie, los factores que influyen en la productividad, los pasos para el estudio de tiempos y la ingeniería de métodos; finalmente, se considera un bloque para el repaso de todos los temas aprendidos en la fase.

La tercera fase corresponde al estudio de tiempos, donde se debe desarrollar un nuevo diagrama de operaciones y análisis del proceso, en tanto que según la comparación de actividades se identificarán aquellas que no son esenciales en la fabricación y así se podrá reducir el tiempo de algunas sin afectar la calidad del producto final. Asimismo, se requiere del análisis del tiempo normal sobre cada actividad y con estudio de suplementos (donde se consideran las condiciones y fatiga) se podrá obtener el tiempo estándar, tanto en el escenario previo y posterior a los cambios. Finalmente, la cuarta fase comprende el sistema de controles que permitirá que las mejoras perduren en el tiempo; en este punto se menciona el diseño de formatos de inspecciones de trabajo, el control de tiempos, la programación de auditorías y la búsqueda de la mejora continua.

Fase 1: Gestión del área de trabajo

En primer lugar, se debe tener en cuenta un espacio ordenado para la ejecución de labores, lo cual reduce los tiempos de ejecución y logra mejorar el nivel de desempeño por la eliminación de desperdicios. En este sentido, la gestión del área de trabajo es un elemento importante para contar un ordenamiento que guíe las labores operativas; para ello, se procedió con la limpieza de la zona y se recopiló la información sobre los elementos encontrados que deben ser desechados según la siguiente figura 18.

Fecha:

ELEMENTOS ENCONTRADOS					
N°	Descripción del artículo	Lugar donde se encontró	Necesario	Innecesario	Decisión
1	Cintas adhesivas	Oficina	X		Reubicarlo
2	Lijas usadas	Taller		X	Desecharlo
3	Retazos de cintas	Almacén		X	Desecharlo
4	Bujías usadas	Taller		X	Venderlo
5	Recipiente de aceite vacío	Taller, obra		X	Venderlo
6	Cajas de repuestos vacías	Taller, almacén		X	Venderlo
7	Latas de grasa usadas	Taller	X		Desecharlo
8	Recipientes con aceite	Taller, obra		X	Desecharlo
9	Artículos de limpieza	Taller, obra	X		Reubicarlo
10	Uniformes viejos	Taller, Vestuarios		X	Desecharlo
11	Autopartes deterioradas	Taller		X	Venderlo
12	Mobiliario en desuso	Taller, obra		X	Venderlo
13	Elementos ajenos al giro	Taller, obra		X	Reubicarlo
14	Póster publicitarios	Taller, oficina		X	Desecharlo
15	Maquinaria en desuso	Taller		X	Venderlo

Firma

Figura 18 Elementos encontrados en el orden del área

Elaboración propia

En la figura anterior se observa el formato para los elementos encontrados donde se comenta sobre la descripción del artículo y el lugar donde se encontró; por otro lado, se marca si es necesario o no para las operaciones y a partir de ello se comenta si debe reubicar, vender, desechar o conservar. Entre los elementos que deben ser desechados se encuentran las lijas

usadas, retazos de cintas, póster publicitario, latas de grasa usadas, recipientes con aceite, entre otros. De forma complementaria, se ha desarrollado un cronograma de limpieza a fin de tener en cuenta la secuencia de trabajos para el mantenimiento del orden en la zona según los días de la semana y los turnos de trabajo, tabla 10.

Tabla 10

Cronograma de limpieza

Turno	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
Mañana	Limpieza de mesas de trabajo		Limpieza de equipos	Orden del área de producción	
Almuerzo	-	-	-	-	-
Tarde		Orden del área de producción			Limpieza general del taller

Elaboración propia

El cronograma de limpieza desarrolla las labores de limpieza de mesas de trabajo los lunes por la mañana, luego el orden del área de producción se efectúa durante los martes en el turno tarde; asimismo, la limpieza de los equipos corresponde a los miércoles en la mañana y el orden del área de producción se efectúa los jueves también en la mañana. Finalmente, el viernes por la tarde, antes de la salida de los operarios, se realiza la limpieza general del taller a fin de mantener las estaciones de trabajo en óptimas condiciones y lograr un sistema estandarizado de trabajo.

Otro elemento importante para mantener el orden en el área es la presencia de controles visuales que permitan orientar las labores; para ello se ubican distintos tipos de señaléticas que colaboren en la gestión del orden, las cuales se presentan en la siguiente figura 19.

Fecha: _____

ASIGNACIÓN DE CONTROLES VISUALES

Nº	Descripción del artículo	Ubicación	Justificación
1	Mural de publicaciones	Estación de trabajo	medición tiempo
2	Panel de herramientas	Fondo de Taller	fácil ubicación
3	Marcado de piso	Área total	delimitar área
4	Marcado de mobiliario	Almacén, Laboratorio	fácil ubicación
5	Marcado de mobiliario	Fondo de Taller	información
6	Pizarrón visual objetivos y resultados	Pared Lateral	información
7	Señalética interna	Área total	información
8	Señalización aérea	Estaciones de trabajo	información
9	Señalización de estanterías	Almacén, Oficina	información

Elaborado por: _____
Firma

Figura 19 Controles visuales para la gestión del área

Elaboración propia

En la figura anterior se mencionan algunos elementos claves como controles visuales en el área de trabajo tales como un mural de publicaciones y su presencia se justifica para la medición del tiempo y efectuar una supervisión sobre las operaciones. Asimismo, se propone la creación de un panel de herramientas que permita una fácil ubicación, tal como en el caso del marcado del mobiliario. Existen otras herramientas como el marcado del piso para delimitar el área y se han colocado otro tipo de controles como pizarrones, señaléticas internas y áreas, así como en las estanterías para una mayor información sobre lo que corresponde al taller de trabajo.

Adicionalmente, en la siguiente figura se muestra el control del orden en el área a través de un enfoque basado en 6S, en donde se considera el cumplimiento de lineamientos claves para la gestión del espacio de trabajo mediante la eliminación de lo innecesario, la organización, la limpieza, los riesgos, la supervisión y la autodisciplina, lo empleado se presenta a continuación en la figura 20.

Área:	Producción	Auditado por:	
Fecha:	__/__/2021	Héctor y Reynaldo	
Formato de Auditoria de orden en el área			
Short	Eliminar lo innecesario	Si	No
	Accesorios y herramientas en el área		
	Manual obsoleto en exceso ha sido reparado o eliminado		
	Etiquetas rojas en el área son correctamente utilizadas		
	No se encuentran artículos innecesarios en el área de trabajo		
Straighten	Organizar el área	Si	No
	Equipos e insumos bien ubicados		
	Ubicaciones claramente identificadas		
	El material defectuoso está bien etiquetado		
	Comunicación visual establecida		
Scrub	Limpiar y resolver	Si	No
	Pisos y superficie de trabajo limpia		
	Desperdicios y basura reciclable en su lugar		
	Ambiente de trabajo bueno		
	Pocos problemas, puntuales y fácil de resolver		
Safety	Identificar y resolver riesgos	Si	No
	Hojas con datos de seguridad de los materiales		
	Extintores y elementos de seguridad funcionando		
	Entrenamiento en labores RCP		
	Pocas condiciones de inseguridad fácil del resolver		
Standardize	Quien realiza las actividades	Si	No
	El trabajo estándar esta publicado		
	Procedimientos para la limpieza y seguridad publicados		
	Correcto control de documentación		
	Reuniones semanales		
Sustain	Autodisciplina	Si	No
	La publicación del trabajo es seguida		
	Los procedimientos se cumplen		
	Las mediciones publicadas son actuales		
	Tableros de información bien utilizados		
	Área de trabajo limpia y bien cuidada		

Figura 20 Elementos encontrados en el orden del área

Elaboración propia

En la figura se propone el desarrollo de una serie de inspecciones para vigilar el cumplimiento de los aspectos relacionados al orden en el área de trabajo; a partir de la identificación de cada punto en la lista será posible efectuar ajustes para mejorar el escenario de las estaciones de trabajo como se muestra en la figura 21.

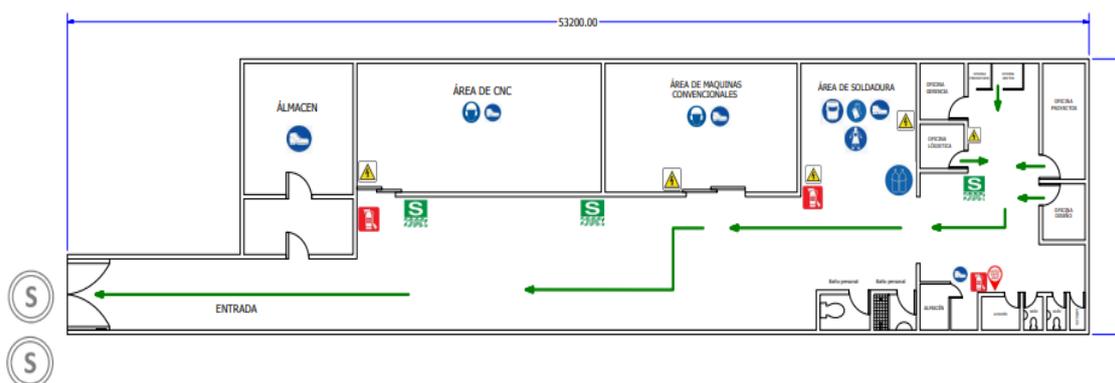


Figura 21 Gestión del área de trabajo

Elaboración propia

En la siguiente tabla se muestra del cambio significativo dentro de este punto, se muestra una tabla comparativa sobre imágenes del escenario previo y posterior a la implementación de la metodología.

Tabla 11

Comparación del orden en el área

Antes	Después
	

Elaboración propia

En la tabla comparativa es posible apreciar el cambio entre los escenarios antes y después, dado que se evidencia un adecuado ordenamiento de la zona, así como la disposición de productos e insumos para el mejor cuidado y mantenimiento. Además de ello, el orden en el sistema de trabajo permite reducir los tiempos de producción gracias a la eliminación de desperdicios o inconvenientes que retrasan la producción.

Fase 2: Capacitaciones

La segunda etapa de la implementación de cambios consiste en la ejecución de capacitaciones para el incremento del conocimiento del personal operativo, ello permite un mejor nivel de desempeño en búsqueda de reducir los tiempos de trabajo y elevar la productividad de la mano de obra. En este sentido, se ha desarrollado un cronograma semanal para las charlas en donde se trataron de temas prácticos para la gestión del trabajo y todo ello se presenta en la siguiente tabla 12.

Tabla 12

Cronograma de capacitaciones

Actividades de capacitación	Mes 1				Mes 2				Mes 3				Mes 4				Mes 5				Mes 6			
	Sem 1	Sem 2	Sem 3	Sem 4	Sem 1	Sem 2	Sem 3	Sem 4	Sem 1	Sem 2	Sem 3	Sem 4	Sem 1	Sem 2	Sem 3	Sem 4	Sem 1	Sem 2	Sem 3	Sem 4	Sem 1	Sem 2	Sem 3	Sem 4
Procedimiento operacional de producción	■				■				■				■				■				■			
Métodos de producción en serie		■	■			■	■			■	■			■	■			■	■			■	■	
Trabajo en equipo				■				■				■				■				■				■
Ingeniería de métodos y estudio de tiempos		■				■				■				■				■				■		
Aspectos básicos de la productividad	■				■				■				■				■				■			
Repaso general				■				■				■				■				■				■

Elaboración propia

Para la capacitación de los trabajadores se han identificado aspectos claves que permiten mejorar la productividad, reducir los tiempos de operación y organizar las labores para un mejor desempeño, en tanto que no solo se requiere de conocimiento teórico sobre el procedimiento operativo de la fabricación, sino que es importante contar con elementos

prácticos que reflejen un cambio positivo. En este sentido, se han efectuado charlas de refuerzo para temas como los métodos de producción en serie, el trabajo en equipo, las ventajas de la ingeniería de métodos, los aspectos básicos para mejorar la productividad y reconocer las etapas del procedimiento operacional. A partir de ello, se han planteado reuniones semanales y cada uno de estos temas ha sido tratado al menos una vez al mes con la finalidad de reforzar el conocimiento y mostrar principios prácticos en las labores.

Adicionalmente, para la ejecución de las capacitaciones se muestra en la figura, permite contar con los lineamientos claves y objetivos de las charlas para guiar el proceso de mejorar el nivel de conocimiento, figura 22.

HOJA DE CAPACITACIÓN: ESTUDIO DE TIEMPOS		
NOMBRE DE LA CAPACITACIÓN		
Introducción a la ingeniería de métodos y estudio de tiempos		
OBJETIVOS GENERALES		
Objetivo General 1:	Producir mediante la entrega de un servicio de calidad, ágil al precio correcto y utilizando la mínima cantidad de materiales, equipos, espacio, trabajo y tiempo.	
OBJETIVOS ESPECÍFICOS		
Objetivo Específico 1:	Personal preparado para entender la necesidad de un cambio cultural.	
Objetivo Específico 2:	Personal capaz de determinar los principios.	
Objetivo Específico 3:	Determinación de las actividades que no agregan valor al servicio.	
CONTENIDO TEMÁTICO		
Audiencia	Tema	Contenido
Todo el personal	Filosofía de productividad	* Factores críticos de éxito
		* Determinación de agentes de cambio
		* Administración de equipos de trabajo
		* Mejora continua de equipos de trabajo
		* Uso de herramientas para la implementación
		* Explicar la Hoja de ruta establecida
		* Beneficios de la aplicación del modelo
* Retroalimentación y mejora continua		
La Administración		

Figura 22 Procedimiento para la capacitación del personal

Elaboración propia

El procedimiento mostrado en la figura anterior tiene como objetivo mostrar el contenido y los alcances que se desean lograr dentro del sistema de capacitaciones, en tanto que existen aspectos importantes para no olvidar como los factores críticos de éxito, la determinación de agentes de cambio, la administración de equipos de trabajo, la mejora continua de equipos de trabajo, el uso de herramientas para la implementación, la explicación de la hoja de ruta establecida, los beneficios de la aplicación del modelo y la retroalimentación para la mejora continua. Por otro lado, se presenta una figura con un formato de control.

Formato de control de capacitaciones					
Nombre					
Fecha					
	Puntaje				
Evaluación del contenido	1	2	3	4	5
Los objetivos de la capacitación se explicaron al inicio de la sesión y se cumplieron al finalizar.					
El contenido de la sesión está basado en los objetivos propuestos.					
El contenido de la capacitación ha sido abordado con la profundidad adecuada para su comprensión.					
Evaluación de la metodología					
La estructura de la capacitación permite comprender el contenido teórico y práctico.					
La sesión se ha realizado en un tiempo adecuado y práctico según los objetivos planteados.					
El material utilizado ha sido de utilidad, brindando información clara y basada en los objetivos planteados.					
Evaluación de utilidad y aplicabilidad					
La capacitación le ha brindado conocimientos conforme a sus expectativas					
Considera que los conocimientos brindados son de utilidad al campo laboral y/o personal como instrumento de mejora.					
La sesión le brindo los conocimientos según los objetivos planteados.					
Evaluación del capacitador					
El capacitador maneja el tema permitiendo un fácil aprendizaje para los trabajadores.					
El contenido ha sido expuesto claramente y se han resuelto las preguntas realizadas por los trabajadores.					
El capacitador ha realizado la exposición de los temas de manera amable y promoviendo la participación.					
Total					

Figura 23 Formato de control de capacitaciones

Elaboración propia

La figura anterior muestra un formato para el control de capacitaciones se divide en 4 secciones en donde se evalúa la importancia del conocimiento impartido, el uso de metodologías de enseñanza, la utilidad y aplicabilidad de los temas abordados y la evaluación de capacitador, en tanto que se desea un enfoque de mejora continua para perfeccionar este sensible aspecto, para ello se realizó capacitaciones al personal como se muestra en la figura 24.

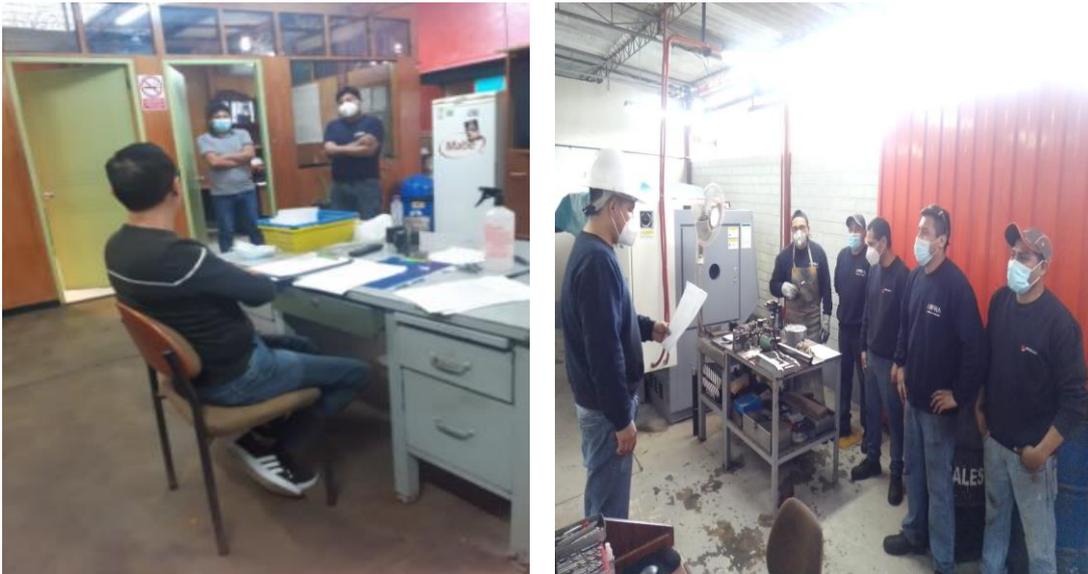


Figura 24 Evidencias de las capacitaciones
Elaboración propia

Las capacitaciones fueron efectuadas por parte del equipo de investigación a fin de mostrar los conocimientos en base a la formación de la Ingeniería Industrial para la mejora de procesos y el incremento de la disponibilidad, en tanto que se mezclaron aspectos teóricos y temas prácticos para lograr cambios significativos en la operatividad.

Fase 3: Estudio de tiempos

La tercera fase corresponde al estudio de tiempos, en donde se evalúa el proceso operativo y se plantea un cambio a fin de reducir los tiempos de cada operación. A partir de ello se emplean las herramientas de la metodología de ingeniería de métodos para lograr cambios en el área. En primer término, se presentan los diagramas iniciales, figura 25.

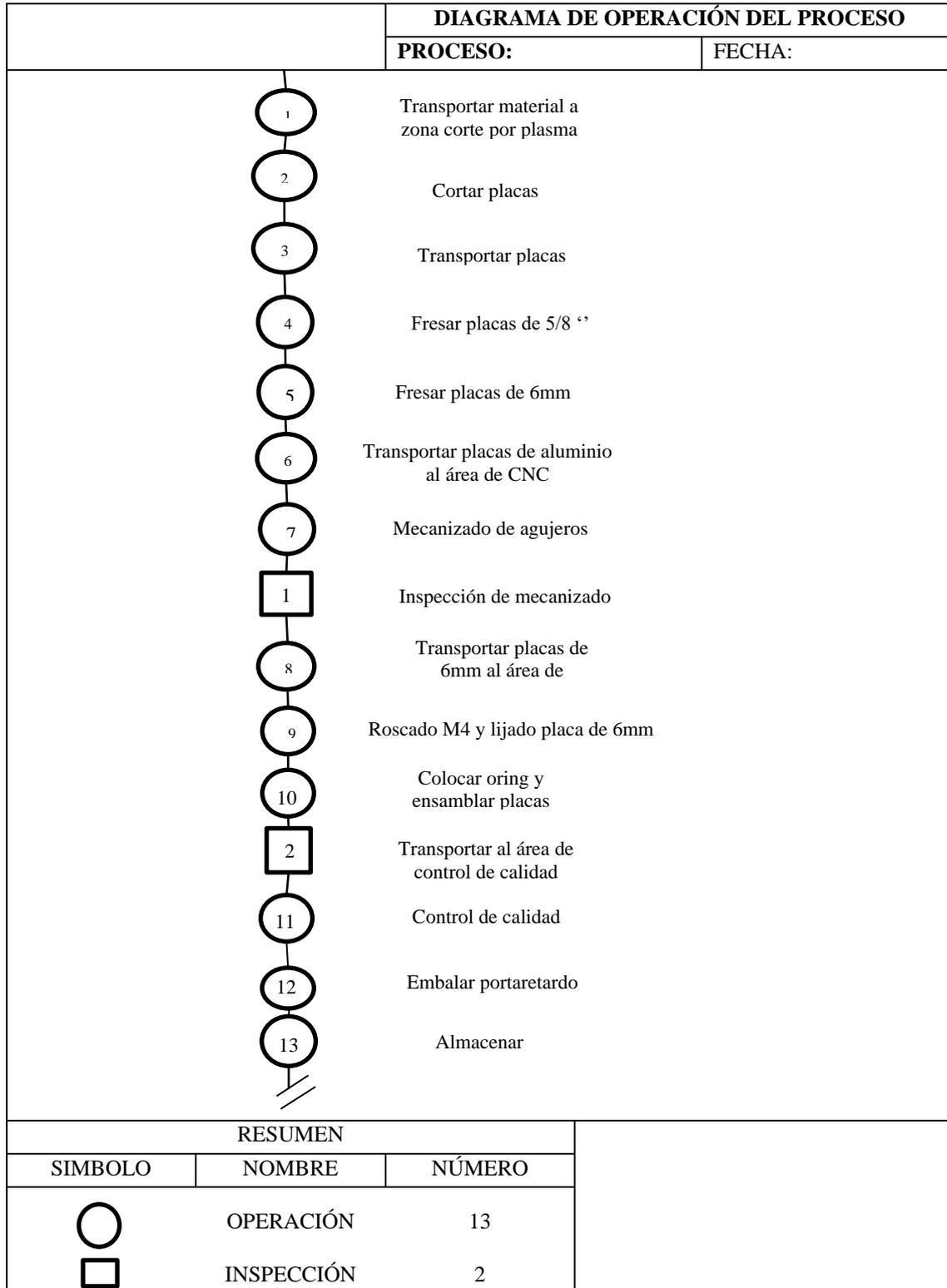


Figura 25 Diagrama de operaciones del proceso inicial

Elaboración propia

El diagrama de operaciones del proceso inicial menciona que existen 15 actividades en total para la fabricación de portaretardos, en tanto que 13 de ellas son operativas y 2 corresponden

a inspecciones. Para conocer más a detalle sobre la duración de cada una, se presenta la siguiente tabla, diagrama de análisis del proceso inicial.

Tabla 13

Diagrama de análisis del proceso inicial

Diagrama De Análisis del Proceso											
Diagrama Nro. __	Hoja __ de __	RESUMEN									
PRODUCTO:	Portaretardos	Actividad			Inicial	Final	Economía				
		Operación	○		7						
		Proceso:	Transporte	⇨		5					
		Producción	Espera	◐							
		Método:	Inicial	Inspección	□		2				
Lugar:	Planta 1	Almacenamiento	▽		1						
Operario (s):	10	Distancia (m)									
Ficha núm.:	38291	Tiempo (min)			02:40:24						
Descripción		Cant.	Tiempo	Símbolo					Observaciones		
				○	□	◐	⇨	▽			
Transportar material a zona corte por plasma		1	00:03:10				X				
Cortar placas de aluminio 5/8" y 6 mm de espesor a 80 x 315 mm de longitud		1	00:11:40	X							
Transportar placas al área de fresadoras convencionales		1	00:02:10				X				
Fresar placas de 5/8" de espesor a 14mm x 75 mm de ancho		1	00:27:00	X							
Fresar placas de 6 mm a 75mm de ancho		1	00:14:55	X							
Transportar placas de aluminio al área de CNC		1	00:02:35				X				
Mecanizado de agujeros diámetro 6.8 placas de 14 mm y 6 mm		1	00:49:25	X							
Inspección de mecanizado		1	00:06:30		X						
Transportar placas de 6mm al área de convencionales		1	00:02:15				X				
Roscado M4 y lijado placa de 6mm		1	00:09:15	X							
Colocar oring a placas de 6mm y ensamblar placas		1	00:10:55	X							
Transportar al área de control de calidad		1	00:02:14				X				
Inspeccionar control de calidad		1	00:11:25		X						
Embalar portaretardo		1	00:05:00	X							
Almacenamiento de producto terminado		1	00:01:55					X			
Total		15	02:40:24	7	2		5	1			

Elaboración propia

En el análisis del proceso se ha determinado que las 15 actividades toman un tiempo de 2 horas con 40 minutos y 24 segundos, en tanto que 7 son actividades de operación y tardan 2 horas con 10 minutos y 40 segundos, luego actividades 2 corresponden a inspecciones y se toman 22 minutos con 40 segundos; por otro lado, las 5 operaciones de traslados abarcan 16

minutos con 7 segundos y finalmente, 1 actividad de almacenamiento toma 2 minutos y 50 segundos. Para determinar dichos tiempos, se efectuó el estudio a través de múltiples observaciones y para ello se muestra la siguiente figura 26.

Estudio de tiempo con observaciones															
Área: Producción										Hoja: ETP - 1025					
Operación: Fabricación de Portaretardos										Inicio: xx/xx/2020					
										Final xx/xx/2021					
										Tiempo transcurrido: 10 días					
										Operario: XXXX					
Producto: Portaretardos										Fecha: xx/xx/2021					
										Ficha número: ETP - 1025					
										Observado por: Héctor y Reynaldo					
N°	Descripción de actividad	Observaciones										Total T.O.	Promedio T. O	V	OBS
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
1	Transportar material a zona corte por plasma	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	00:31:40	00:03:10	100%	
2	Cortar placas de aluminio 5/8" y 6 mm de espesor a 80 x 315 mm de longitud	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	01:56:40	00:11:40	100%	
3	Transportar placas al área de fresadoras convencionales	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	00:21:40	00:02:10	100%	
4	Fresar placas de 5/8" de espesor a 14mm x 75 mm de ancho	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	04:30:00	00:27:00	100%	
5	Fresar placas de 6 mm a 75mm de ancho	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	02:29:10	00:14:55	100%	
6	Transportar placas de aluminio al área de CNC	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	00:25:50	00:02:35	100%	
7	Mecanizado de agujeros diámetro 6.8 placas de 14 mm y 6 mm	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	08:14:10	00:49:25	100%	
8	Inspección de mecanizado	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	01:05:00	00:06:30	100%	
9	Transportar placas de 6mm al área de convencionales	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	00:22:30	00:02:15	100%	
10	Roscado M4 y lijado placa de 6mm	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	01:32:30	00:09:15	100%	
11	Colocar oring a placas de 6mm y ensamblar placas	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	01:49:10	00:10:55	100%	
12	Transportar al área de control de calidad	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	00:22:20	00:02:14	100%	
13	Inspeccionar control de calidad	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	01:54:10	00:11:25	100%	
14	Embalar portaretardo	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	00:50:00	00:05:00	100%	
15	Almacenamiento de producto terminado	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	00:19:10	00:01:55	100%	

Nota: V= Valoración TO= Tiempo Observado OBS= Observaciones

Figura 26 Estudio de tiempo con observaciones

Elaboración propia

En la figura anterior se detalla la secuencia de pasos a seguir para la fabricación de portaretardos y se han considerado un total de 10 observaciones para cada actividad a fin de obtener un tiempo total y luego se procedió a obtener el promedio de cada uno. Otro aspecto importante fue la valoración de las observaciones y para la fabricación se determinó una valoración del 100% puesto que todas las actividades se efectúan de forma completa, es

decir, no se realiza en un principio ninguna actividad combinada. Finalmente, se establece una sección para el comentario de observaciones. De forma complementaria, en la parte superior se aprecia el inicio y fin de la toma de tiempos para tener un control adecuado. Asimismo, un elemento útil fue el estudio de tiempos generalizados en donde se pudo colocar el tiempo base para la cada actividad y un comentario para lograr mejoras a futuro; este punto es vital puesto que permite identificar modificaciones por la observación repetida de cada actividad, figura 27.

Estudio de tiempos generalizado				
Área: Producción			Hoja ETP - 1025	
Operación: Fabricación de Portaretardos			Inicio xx/xx/2020	
			Final xx/xx/2021	
			Tiempo transcurrido: 10 días	
			Operario: XXXX	
Producto: Portaretardos			Ficha número: ETP - 1025	
			Observado por: Héctor y Reynaldo	
			Fecha: xx/xx/2021	
N°	Descripción de actividad	T.B.	F.	Comentario
1	Transportar material a zona corte por plasma	00:03:10	1	Reducir tiempo por menor recorrido
2	Cortar placas de aluminio 5/8" y 6 mm de espesor a 80 x 315 mm de longitud	00:11:40	1	
3	Transportar placas al área de fresadoras convencionales	00:02:10	1	Reducir tiempo por menor recorrido
4	Fresar placas de 5/8" de espesor a 14mm x 75 mm de ancho	00:27:00	1	
5	Fresar placas de 6 mm a 75mm de ancho	00:14:55	1	
6	Transportar placas de aluminio al área de CNC	00:02:35	1	Reducir tiempo por menor recorrido
7	Mecanizado de agujeros diámetro 6.8 placas de 14 mm y 6 mm	00:49:25	1	
8	Inspección de mecanizado	00:06:30	1	Eliminar
9	Transportar placas de 6mm al área de convencionales	00:02:15	1	Reducir tiempo por menor recorrido
10	Roscado M4 y lijado placa de 6mm	00:09:15	1	
11	Colocar oring a placas de 6mm y ensamblar placas	00:10:55	1	
12	Transportar al área de control de calidad	00:02:14	1	Reducir tiempo por menor recorrido
13	Inspeccionar control de calidad	00:11:25	1	Puede combinarse para reducir tiempo
14	Embalar portaretardo	00:05:00	1	Puede combinarse para reducir tiempo
15	Almacenamiento de producto terminado	00:01:55	1	Reducir tiempo por menor recorrido

Nota: TB= Tiempo básico F= Frecuencia de aparición por cada ciclo OBS= N° de observaciones

Figura 27 Estudio de tiempos generalizado

Elaboración propia

En la tabla anterior se observa el formato de estudios de tiempo generalizado en donde se menciona el tiempo base para cada actividad obtenido de formato con observaciones. Como se mencionó anteriormente, la frecuencia o valoración corresponde al 100% o 1, puesto que en un principio no se efectúan actividades combinadas. En la sección de comentarios se identifican las opciones de mejora para lograr cambios significativos en la actividad; en este sentido, para el transporte del material a la zona de corte con plasma y para este punto se sugiere la reducción del tiempo por un menor recorrido, en tanto que se debe lograr una modificación del orden en la sección para la gestión del trabajo; un caso similar se observa para la actividad de transporte al área de fresadores, transporte al área de CNC, al área de convencionales y control de calidad. Otra de las actividades que mencionan comentarios es la inspección del mecanizado, la cual puede ser eliminada, en tanto que existen dos actividades que pueden combinarse para reducir el tiempo, tal como la inspección del control de calidad y el embalado del portaretardos.

Un elemento complementario para el análisis inicial bajo el enfoque de ingeniería de métodos y estudio de tiempo es el estudio de suplementos en donde se evalúa la fatiga que se genera por las actividades del trabajo, las cuales se dividen en tensión física, mental y condiciones de trabajo; todo ello se comenta en la siguiente tabla 14.

Tabla 14

Estudio de suplementos iniciales

Producto: Portaretardos		Suplementos																								Total de puntos	Total suplemento (%)
Operación: Fabricación		Tensión física								Tensión mental								Condiciones de trabajo									
N°	Descripción de elemento	Fuerza media		Postura		Vibraciones		Ciclo		Concentración		Monotonía		Tensión visual		Ruido		Temperatura		Ventilación		Polvo		Suciedad			
		Tensión	Puntos	Tensión	Puntos	Tensión	Puntos	Tensión	Puntos	Tensión	Puntos	Tensión	Puntos	Tensión	Puntos	Tensión	Puntos	Tensión	Puntos	Tensión	Puntos	Tensión	Puntos	Tensión	Puntos		
A1	Transportar material a zona corte por plasma	M	1	M	1	M	1	M	1	B	0.5	B	0.5	M	1	M	1	B	0.5	B	0.5	M	1	M	1	10	1.00%
A2	Cortar placas de aluminio 5/8" y 6 mm de espesor a 80 x 315 mm de longitud	A	2	A	2	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	9	0.90%
A3	Transportar placas al area de fresadoras	M	1	M	1	B	0.5	M	1	B	0.5	B	0.5	M	1	B	0.5	M	1	M	1	B	0.5	M	1	9.5	0.95%
A4	Fresar placas de 5/8" de espesor a 14mm x 75 mm de ancho	A	2	A	2	A	2	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	10.5	1.05%
A5	Fresar placas de 6 mm a 75mm de ancho	A	2	B	0.5	B	0.5	B	0.5	M	1	M	1	M	1	M	1	M	1	M	1	M	1	M	1	11.5	1.15%
A6	Transportar placas de aluminio al area de CNC	M	1	M	1	A	2	M	1	B	0.5	M	1	B	0.5	M	1	B	0.5	B	0.5	A	2	M	1	12	1.20%
A7	Mecanizado de agujeros diametro 6.8 placas de 14 mm y 6 mm	B	0.5	B	0.5	A	2	B	0.5	M	1	M	1	B	0.5	M	1	B	0.5	B	0.5	B	0.5	M	1	9.5	0.95%
A8	Inpección de mecanizado	M	1	M	1	B	0.5	M	1	A	2	B	0.5	A	2	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	10.5	1.05%
A9	Transportar placas de 6mm al area de convencionales	A	2	A	2	B	0.5	B	0.5	M	1	B	0.5	B	0.5	A	2	M	1	B	0.5	A	2	M	1	13.5	1.35%
A10	Roscado M4 y lijado placa de 6mm	M	1	M	1	M	1	M	1	M	1	B	0.5	M	1	B	0.5	M	1	M	1	M	1	A	2	12	1.20%
A11	Colocar oring a placas de 6mm y ensamblar placas	A	2	M	1	B	0.5	M	1	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	8.5	0.85%
A12	Transportar al area de control de calidad	M	1	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	A	2	8	0.80%
A13	Inspeccionar control de calidad	M	1	M	1	M	1	M	1	M	1	B	0.5	M	1	B	0.5	M	1	M	1	M	1	A	2	12	1.20%
A14	Embalar portaretardo	M	1	M	1	M	1	M	1	M	1	B	0.5	M	1	B	0.5	M	1	M	1	M	1	A	2	12	1.20%
A15	Almacenamiento de producto terminado	M	1	M	1	M	1	M	1	M	1	B	0.5	M	1	B	0.5	M	1	M	1	M	1	A	2	12	1.20%
																										16.05%	

Grado de tensión: A= Alto (2 puntos), M=Medio (1 punto), B=Bajo (0.5 puntos)

Elaboración propia

En el escenario inicial se observa que los suplementos alcanzan un valor total del 16.05% que se conforma por parte de la tensión física, mental y las condiciones de trabajo. En el análisis se evidencia que existen muchas actividades que poseen un grado de tensión media y alta, por lo que el trabajo suele generar fatiga excesiva lo que desencadena en el retraso de las operaciones. A partir de ello, se deben plantear alternativas que mejoren dicha situación. Un elemento clave es el diagrama bimanual que se presenta a continuación, figura 28.

Diagrama BIMANUAL								
						Fecha: ___/___/2021		
						Hoja Nro. _____ de _____		
Actividad: Producción de portaretardos	RESUMEN							
	Actividad	Inicial		Propuesta		Economía		
		IZQ	DER	IZQ	DER	IZQ	DER	
Area: Taller	OPERACIÓN	○	7	7	6	6	1	1
Operario: Hector y Reynaldo	MOVIMIENTO	⇨	5	5	5	5	-	-
Método: <input type="checkbox"/> Propuesta	SOSTENIMIENTO	▽	1	1	1	1	-	-
	INSPECCIÓN	□	2	2	1	1	1	1
Elaborado: Hector y Reysol	Tiempo		02:40:24	01:59:50	00:40:34			
Mano Izquierda				Mano Derecha				
Descripción de la Actividad	Símbolo	Símbolo	Descripción de la Actividad					
Transportar material a zona corte por plasma	○⇨▽□	○⇨▽□	Transportar material a zona corte por plasma					
Cortar placas de aluminio 5/8" y 6 mm de espesor a 80 x 315 mm de longitud	○⇨▽□	○⇨▽□	Cortar placas de aluminio 5/8" y 6 mm de espesor a 80 x 315 mm de longitud					
Transportar placas al area de fresadoras convencionales	○⇨▽□	○⇨▽□	Transportar placas al area de fresadoras convencionales					
Fresar placas de 5/8" de espesor a 14mm x 75 mm de ancho	○⇨▽□	○⇨▽□	Fresar placas de 5/8" de espesor a 14mm x 75 mm de ancho					
Fresar placas de 6 mm a 75mm de ancho	○⇨▽□	○⇨▽□	Fresar placas de 6 mm a 75mm de ancho					
Transportar placas de aluminio al area de CNC	○⇨▽□	○⇨▽□	Transportar placas de aluminio al area de CNC					
Mecanizado de agujeros diametro 6.8 placas de 14 mm y 6 mm	○⇨▽□	○⇨▽□	Mecanizado de agujeros diametro 6.8 placas de 14 mm y 6 mm					
Transportar placas de 6mm al area de convencionales	○⇨▽□	○⇨▽□	Transportar placas de 6mm al area de convencionales					
Roscado M4 y lijado placa de 6mm	○⇨▽□	○⇨▽□	Roscado M4 y lijado placa de 6mm					
Colocar oring a placas de 6mm y ensamblar placas	○⇨▽□	○⇨▽□	Colocar oring a placas de 6mm y ensamblar placas					
Transportar al area de control de calidad	○⇨▽□	○⇨▽□	Transportar al area de control de calidad					
Inspeccionar y embalar portaretardo	○⇨▽□	○⇨▽□	Inspeccionar y embalar portaretardo					
Almacenamiento de producto terminado	○⇨▽□	○⇨▽□	Almacenamiento de producto terminado					

Figura 28 Diagrama bimanual
Elaboración propia

En la figura anterior se observa el diagrama bimanual de las actividades propuestas en base a los comentarios de estudios de tiempo generalizado, en tanto que se han eliminado algunas actividades para lograr un menor tiempo posible. Para graficar el cambio se detalla una sección del resumen de actividades en donde se observa la reducción tanto para la mano derecha como izquierda en los escenarios inicial y propuesto; en el caso de las operaciones se pasa de 7 a 6 actividades, los movimientos de transporte se mantienen al igual que el almacenamiento, otro cambio se observa en las inspecciones de 2 a 1. Otro elemento importante para entender el cambio sistematizado es el diagrama de actividades múltiples en donde es posible observar la diferencia del tiempo de ciclo para las actividades con el uso de máquinas y aquellas donde el factor más importante es el trabajo del operario, figura 29.

Diagrama de actividades múltiples						
Diagrama N° 00174		Resumen				
			Actual	Propuesto	Economía	
Proceso: Portaretardos		Tiempo de ciclo			01:59:50	
Maquina: AMDQI-2311		Tiempo de trabajo				
		Hombre			00:29:05	
		Máquina			01:30:45	
Operario: Héctor y Reynaldo		Utilización				
		Hombre			24.27%	
		Máquina			75.73%	
TOTAL ACUMULADO		HOMBRE	HORAS	MAQUINA		
O1	00:00:45	Transportar	00:00:45			
O2	00:11:00		00:10:15	Cortar		
O3	00:11:50	Transportar	00:00:50			
O4	00:33:50		00:22:00	Fresar placa de 5/8"		
O5	00:47:00		00:13:10	Fresar placa de 6mm		
O6	00:47:55	Transportar	00:00:55			
O7	01:33:15		00:45:20	Mecanizado de placas 14 y 6 mm		
O8	01:34:12	Transportar	00:00:57			
O9	01:40:57	Roscado	00:06:45			
O10	01:51:20	Oring y ensamble	00:10:23			
O11	01:52:10	Transportar	00:00:50			
O12	01:58:20	Inspeccionar	00:06:10			
O13	01:59:50	Almacenamiento	00:01:30			

Figura 29 Diagrama de actividades múltiples

Elaboración propia

En la figura anterior se observa el diagrama de actividades múltiples en donde se ha diferenciado las actividades que efectúa el trabajador y aquellas en donde involucra la máquina, en tanto que se contabilizó el tiempo total de las actividades que dado gracias a la implementación de cambios se obtiene un total de 1 hora con 59 minutos y 50 segundos, los cuales se descomponen en 29 minutos y 5 segundos (24.27%) de actividades del operario y 1 hora con 30 minutos con 45 segundos (75.73%). Dado que el estudio incluye gran parte del tiempo en una máquina se presenta en la siguiente figura.

Estudio de tiempo en máquina								
Tipo de equipo				Preparado por:				
Producto				Fecha:				
Operación				Duración:				
Sec. Num.	Descripción del movimiento	Maquina		Mano izquierda		Mano derecha		Carga
		Simb	tmu	Simb	tmu	Simb	tmu	
Observaciones	Total tmu	Maq		M.I		M.D.		
				Minutos básicos				
				Total minutos básicos				
				Suplementos (%)				
				Minutos tipo				

Figura 30 Estudio de tiempo en máquinas

Elaboración propia

En la figura anterior se observa que se realizará un estudio de tiempos en maquina a partir de la descripción de las actividades, el uso de la mano izquierda y derecha en donde se puede obtener hacia el final en minutos básicos, el porcentaje de los suplementos y los minutos tipos total acumulados. Asimismo, se ha desarrollado el diagrama de operaciones simultaneas, en tanto que el operario debe gestionar los trabajos en máquina y se debe optimizar su empleo, figura 31.

Diagrama de actividades simultaneas					
Diagrama N° 00174		Resumen			
Proceso: Portaretardos		Tiempo de ciclo		Propuesto	
Maquina: AMDQI-2311		Tiempo de trabajo		01:59:50	
Operario: Hector y Reynaldo		Hombre		00:29:05	
		Máquina		01:30:45	
		Utilización			
		Hombre		24.27%	
		Máquina		75.73%	
Actividades total	Tiempo en Minutos	Indicativo	Actividades del operario	Indicativo	Actividades en máquina
O1			Transportar material a zona corte por plasma		
O2	10				Cortar placas de aluminio 5/8" y 6 mm de espesor a 80 x 315 mm de longitud
O3	20		Transportar placas al area de fresadoras convensionales		
O4	30				Fresar placas de 5/8" de espesor a 14mm x 75 mm de ancho
O5	40				Fresar placas de 6 mm a 75mm de ancho
O6	50		Transportar placas de aluminio al area de CNC		
O7	60				Mecanizado de agujeros diametro 6.8 placas de 14 mm y 6 mm
O8	70				
O9	80		Transportar placas de 6mm al area de convencionales		
O10	90		Roscado M4 y lijado placa de 6mm		
O11	100		Colocar oring a placas de 6mm y ensamblar placas		
O12	110		Transportar al area de control de calidad		
O13	120		Inspeccionar y embalar portaretardo		
			Almacenamiento de producto terminado		

Figura 31 Diagrama de operaciones simultáneas

Elaboración propia

En la figura de operaciones simultaneas presenta la división de las actividades del operario y de las máquinas; asimismo, existe una sección donde se presenta el indicativo, dado que el color rosa corresponde al trabajo en la actividad, el color plomo cuando el elemento está detenido y el color negro cuando no se efectúa más dicha actividad. Por otro lado, el tiempo en minutos se mide mediante una regla en donde se contabilizan los minutos hasta los 120,

que equivale el proceso final. Para evidenciar el mecanismo de trabajo y los cambios en base a la implementación se muestra una imagen donde se observan los equipos necesarios para la fabricación de portaretardos.



Figura 32 Equipos de trabajo
Elaboración propia

En la figura anterior se observa una adecuada distribución de los equipos de trabajo para la producción de portaretardos, necesarios para una secuencia de actividades correctas a fin de lograr una mejora en la productividad de las operaciones. Asimismo, se presenta el diagrama hombre máquina para la gestión del trabajo, tabla 15.

Tabla 15

Diagrama de hombre – máquina

DIAGRAMA HOMBRE - MAQUINA			
Hoja N° __1__ De: _1_ Diagrama N°: _01_		Proceso: Cortar, roscar, fresar, mecanizar	
Fecha: Agosto - 2020	Elaborado por:	Maquina 1: TE-0025	Maquina 3:
El estudio Inicia: Montaje maq. 1	Operario:	Maquina 2: TE-0028	Maquina 4:

Operario			Maquina 1		Maquina 2		Maquina 3		Maquina 4		
Tiem.	Carga	Actividad	Carga	Actividad	Carga	Actividad	Carga	Actividad	Carga	Actividad	
5	15	Preparación Montaje Maquina 1	15	Inactividad	30	Inactividad					
10											
15											
20	15	Preparación Montaje Maquina 2	40	Operación maquina	40	Operación maquina					
25											
30											
35	40	Inactividad	15	Inactividad	40	Operación maquina					
40											
45											
50											
55											
60											
65											
70											

Resumen y Análisis de la información					
Tipo	Tiempo del Ciclo Seg.	Tiempo de Acción Seg.	Tiempo de Inactividad Seg.	% de Utilización	% de Utilización Optima
Operario					
TE-0025					
TE-0028					

Elaboración propia

El diagrama hombre máquina permite gestionar de forma adecuada las operaciones del trabajador con los equipos de trabajo para la fabricación de los portaretardos, en tanto que se contabiliza el tiempo de ciclo total, el tiempo de acción y el tiempo de inactividad. De forma complementaria se comenta sobre el procedimiento de trabajo estandarizado, figura 33.

PR- 01	Procedimiento de trabajo estandarizado para el personal operativo	Pag. 01
Versión 01		___/___/2021
<p>I. Objetivo La finalidad del presente documento es determinar una metodología para el desarrollo de las actividades en el programa de mejora establecido. Para lograr un trabajo estandarizado se debe cumplir con la secuencia de las actividades en el tiempo determinado. Cuando este cumplimiento sea el adecuado se lograrán resultados más eficientes, con un mínimo margen de error y sin accidentes, lo cual mejorará la experiencia del cliente y los trabajadores de la empresa</p> <p>II. Meta Tener el total de los trabajadores capacitados para las actividades de mejora, para lo cual deben desarrollar sus habilidades estratégicas</p> <p>III. Alcance Este plan debe ser aplicado a todo el personal, tanto al área administrativa, técnica y operacional</p> <p>IV. Material a consultar *Material proporcionado por proveedores * Flujograma de trabajo estandarizado *Evaluaciones de desempeño *Formatos de capacitación</p> <p>V. Responsabilidad *En los equipos de trabajo formados, el encargado debe velar por el cumplimiento de los planes de acción *El jefe del área debe velar por la capacitación en habilidades estratégicas</p> <p>VI. Recursos *Recurso humano de trabajadores y personal técnico *Recursos materiales como pizarras, plumones, lápices, hojas, entre otros.</p> <p>VII. Descripción del procedimiento Definición de trabajo estandarizado Determinación de los componentes Descripción de procedimientos estandarizados Determinación lógica de actividades Uso de herramientas para la implementación Explicar los procesos a seguir Beneficios de la estandarización Auditorías y controles</p>		

Figura 33 Procedimiento para el trabajo estandarizado

Elaboración propia

El procedimiento para el trabajo estandarizado permite mejorar las operaciones a fin de contar con un lineamiento base para reducir los tiempos y controlar la calidad en cada

actividad. En este sentido, se muestra el diagrama de operaciones finales obtenidos, figura 34.

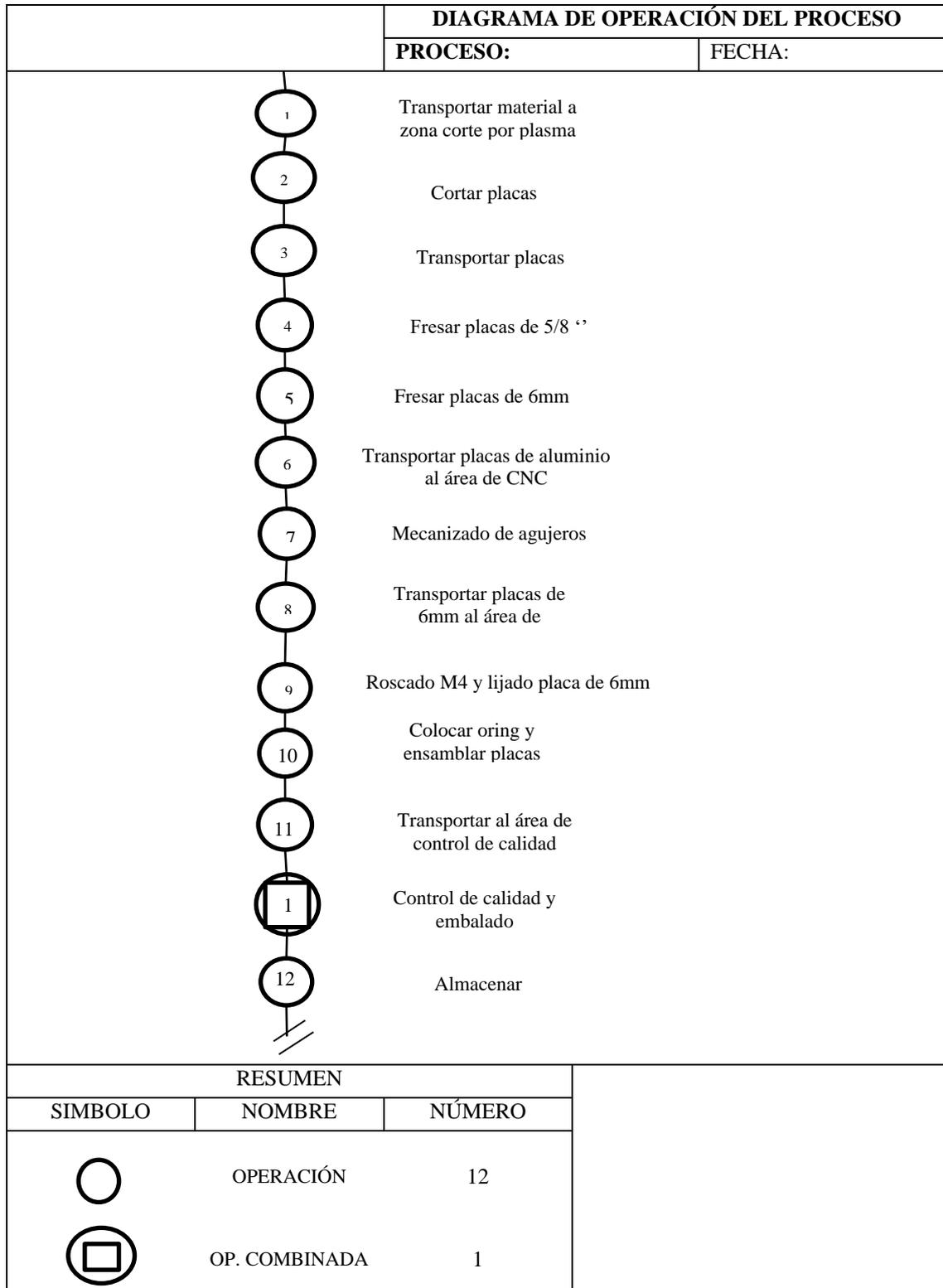


Figura 34 Diagrama de operaciones del proceso final
Elaboración propia

En el diagrama de operaciones del proceso final se muestra la nueva secuencia de actividades para la fabricación de los portaretardos en donde se han identificado 12 labores de operativas y 1 actividad combinada. El proceso inicial con el transporte de la materia a la zona de corte por plasma, luego se procede al corte de placas, se transportan al área para fresar las placas de 5/8 y de 6mm, posteriormente se procede al transporte al área de CNC y el mecanizado de agujeros, luego de ello se procede al transporte al área. Hacia el final del proceso se ha decidido que el control de calidad se efectúe en el momento de embalado para finalmente pasar al almacenamiento, figura 35.



Figura 35 Proceso de embalado y almacenado
Elaboración propia

A partir de estas nuevas actividades se ha podido identificar un nuevo sistema de suplementos puesto que la distribución del área de trabajo, en tanto que se genera una menor fatiga por las adecuadas condiciones y ello se presenta a continuación tabla 16

Tabla 16

Estudio de suplementos finales

Producto: Portaretardos		Suplementos																											
Operación: Fabricación		Tensión física								Tensión mental								Condiciones de trabajo										Total de puntos	Total suplemento (%)
Condiciones de trabajo: Buena		Fuerza media		Postura		Vibraciones		Ciclo		Concentración		Monotonía		Tensión visual		Ruido		Temperatura		Ventilación		Polvo		Suciedad					
El. Núm.	Descripción de elemento	Tensión	Puntos	Tensión	Puntos	Tensión	Puntos	Tensión	Puntos	Tensión	Puntos	Tensión	Puntos	Tensión	Puntos	Tensión	Puntos	Tensión	Puntos	Tensión	Puntos	Tensión	Puntos	Tensión	Puntos	Tensión	Puntos		
A1	Transportar material a zona corte por plasma	M	1	M	1	M	1	M	1	B	0.5	B	0.5	M	1	B	0.5	B	0.5	B	0.5	M	1	M	1	M	1	9.5	0.95%
A2	Cortar placas de aluminio 5/8" y 6 mm de espesor a 80 x 315 mm de longitud	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	6	0.60%
A3	Transportar placas al area de fresadoras convensionales	M	1	M	1	B	0.5	M	1	B	0.5	B	0.5	M	1	B	0.5	M	1	M	1	B	0.5	B	0.5	B	0.5	9	0.90%
A4	Fresar placas de 5/8" de espesor a 14mm x 75 mm de ancho	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	6	0.60%
A5	Fresar placas de 6 mm a 75mm de ancho	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	M	1	M	1	M	1	M	1	M	1	M	1	M	1	M	1	M	1	10	1.00%
A6	Transportar placas de aluminio al area de CNC	M	1	M	1	A	2	M	1	B	0.5	M	1	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	A	2	B	0.5	B	0.5	11	1.10%
A7	Mecanizado de agujeros diametro 6.8 placas de 14 mm y 6 mm	B	0.5	B	0.5	A	2	B	0.5	M	1	M	1	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	8.5	0.85%
A8	Transportar placas de 6mm al area de convencionales	M	1	M	1	B	0.5	M	1	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	7.5	0.75%
A9	Roscado M4 y lijado placa de 6mm	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	M	1	B	0.5	B	0.5	M	1	M	1	B	0.5	A	2	M	1	M	1	9.5	0.95%
A10	Colocar oring a placas de 6mm y ensamblar placas	M	1	M	1	M	1	M	1	M	1	B	0.5	M	1	B	0.5	M	1	M	1	M	1	A	2	M	1	12	1.20%
A11	Transportar al area de control de calidad	M	1	M	1	B	0.5	M	1	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	7.5	0.75%
A12	Inspeccionar y embalar portaretardo	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	A	2	M	1	7.5	0.75%
A13	Almacenamiento de producto terminado	A	2	A	2	B	0.5	A	2	B	0.5	M	1	M	1	M	1	M	1	B	0.5	B	0.5	M	1	M	1	13	1.30%
																												11.70%	

Grado de tensión: A= Alto (2 puntos), M=Medio (1 punto), B=Bajo (0.5 puntos)

Elaboración propia

En el escenario final se observa que los suplementos alcanzan un valor total del 11.70% que se conforma por parte de la tensión física, mental y las condiciones de trabajo. En el análisis se evidencia que existen pocas actividades que poseen un grado de tensión media y alta, por lo que el trabajo ya no genera fatiga excesiva y las labores se efectúan de una forma mucho más rápida. De forma complementaria se presenta la tabla diagrama de análisis del proceso.

Tabla 17

Diagrama de análisis del proceso final

Diagrama De Análisis del Proceso								
Diagrama Nro. __	Hoja __ de __	RESUMEN						
PRODUCTO:	Portaretardos	Actividad	Inicial	Final	Economía			
		Operación	○	7	6	-1		
		Transporte	⇨	5	5	-		
		Espera	◐					
		Inspección	□	2	1	-1		
		Almacenamiento	▽	1	1	-		
		Distancia (m)						
		Tiempo (min)		02:40:24	01:59:50	00:40:34		
Descripción	Cantidad	Tiempo	Símbolo					Observaciones
			○	□	◐	⇨	▽	
Transportar material a zona corte por plasma	1	00:00:45				X		
Cortar placas de aluminio 5/8" y 6 mm de espesor a 80 x 315 mm de longitud	1	00:10:15	X					
Transportar placas al área de fresadoras convencionales	1	00:00:50				X		
Fresar placas de 5/8" de espesor a 14mm x 75 mm de ancho	1	00:22:00	X					
Fresar placas de 6 mm a 75mm de ancho	1	00:13:10	X					
Transportar placas de aluminio al área de CNC	1	00:00:55				X		
Mecanizado de agujeros diámetro 6.8 placas de 14 mm y 6 mm	1	00:45:20	X					
Transportar placas de 6mm al área de convencionales	1	00:00:57				X		
Roscado M4 y lijado placa de 6mm	1	00:06:45	X					
Colocar oring a placas de 6mm y ensamblar placas	1	00:10:23	X					
Transportar al área de control de calidad	1	00:00:50				X		
Inspeccionar y embalar portaretardo	1	00:06:10		X				
Almacenamiento de producto terminado	1	00:01:30					X	
Total	13	01:59:50	6	1	5	1		

Elaboración propia

En la tabla anterior se observa que el total de 13 actividades toman un tiempo de 1 hora con 59 minutos y 50 segundos, en tanto que ello se descompone en 6 actividades operativas, 1 actividad de revisión, 5 de traslado y 1 almacenamiento. En la descripción de cada paso se menciona que transportar material a zona corte por plasma toma 45 segundos, luego el corte de placas de aluminio 5/8" y 6 mm de espesor a 80 x 315 mm de longitud con una duración de 10 minutos con 15 segundos, a continuación, se da paso a transportar placas al área de fresadoras convencionales con 50 segundos. Otras actividades que toman más tiempo son fresar placas de 5/8" de espesor a 14mm x 75 mm de ancho con 22 minutos y fresar placas de 6 mm a 75mm de ancho con 13 minutos con 10 segundos; posterior a ello, se procede con el transportar placas de aluminio al área de CNC con 55 segundos. Entre las labores de la máquina también se ha considerado el mecanizado de agujeros diámetro 6.8 placas de 14 mm y 6 mm con un tiempo de 45 minutos con 20 segundos, luego de ello se da paso a transportar placas de 6mm al área de convencionales lo que tarda 57 segundos; en esta área el operario efectúa el roscado M4 y lijado placa de 6mm que toma 6 minutos con 45 segundos, luego se coloca el oring a placas de 6mm y ensamblar placas en un tiempo de 10 minutos con 23 segundos. Entre los últimos pasos se detallan el transporte al área de control de calidad con 50, se procede con la inspección y embalado del portaretardo en 6 minutos con 10 segundos y finalmente se almacena el producto terminado en 1 minuto con 30 segundos.

Fase 4: Controles

La última fase corresponde a los controles sobre las actividades a fin de mantener las mejoras a lo largo del tiempo, en tanto que es importante plantear alternativas de supervisión para la ejecución de labores. Para lograr dicho objetivo se ha implementado una estación de trabajo en donde será posible supervisar los tiempos de ejecución y también contar con un control de calidad del producto puesto que se encuentra cerca de la zona de preparado final de los portaretardos; un buen control es vital para lograr cambios sostenidos a lo largo del tiempo y para ello se presenta la siguiente figura 36.



Figura 36 Zona de revisión y control del tiempo
Elaboración propia

En la figura anterior se evidencia que la estación de control cuenta con un equipo de cómputo para el registro del tiempo a fin de supervisar la ejecución de pasos de forma correcta. Para continuar con las modificaciones en este punto, se muestra una figura con una solicitud para la revisión del proceso operativo.

SOLICITUD DE REVISIÓN DEL PROCESO OPERATIVO		
Fecha de solicitud:	Código:	Proceso:
DATOS DEL SOLICITANTE		
Nombre:		
Cargo:		
TIPO DE SOLICITUD		
Seleccione una de las siguientes opciones:		
Operación	Revisión	OTRO
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
DESCRIPCIÓN DE LA SOLICITUD		
Nombre y Código del documento:		
¿Qué solicita? (Si se trata de una eliminación indique, además, la versión y fecha de aplicación actual del documento)		
JUSTIFICACIÓN DE LA SOLICITUD		
(Describa brevemente las razones por las cuales realiza esta solicitud)		
	FIRMA DEL SOLICITANTE	
RUC / DNI		
TELEFONO:		

Figura 37 Solicitud de revisión del proceso operativo

Elaboración propia

En la figura anterior se muestra un sistema de información que maneje de forma adecuada las solicitudes sobre la revisión de algún procedimiento que presente alternativa de mejoras. A partir de ello, se debe mencionar el si la solicitud refiere a operaciones, revisiones y otras; adicionalmente, se menciona la justificación para la revisión del proceso operativo. De forma complementaria, se presenta una figura para el control de la calidad del proceso y sobre el trabajo estandarizado a continuación.

N°	Características	Sí	No
Lineamientos Generales de Trabajo Estandarizado			
1	El trabajador sólo se desarrolla en los procesos para las que ha sido entrenado o dentro de sus competencias		
2	Los procesos son revisados verificando que cada paso esté bien desarrollado		
3	Previo a poner en funcionamiento a la máquina se verifica que la mercadería de manufactura esté bien ubicada.		
4	Se verifica el correcto funcionamiento del proceso		
5	Se previene la acción de no conformidades de algún otro trabajador cuando se encuentra en operaciones		
6	Uso de recursos necesarios y adecuados		
Lineamientos para conservar la calidad			
9	Se realiza limpieza tanto interna como externa con ayuda de sistema de limpieza		
10	Se realizaron las capacitaciones pertinentes al personal acerca de los dispositivos protectores, acerca de la máquina su adecuado uso y su capacidad mínima y máxima.		
11	Se cuenta con los lineamientos para el adecuado proceso		
12	Se respeta la secuencia de actividades para la reducción de tiempos		
13	Se evalúan los costos al momento de hacer los pedidos		
14	Se cuenta con el stock adecuado para el nivel de servicio		
	Observaciones		

	Operador Responsable de Área		

Figura 38 Formato para el control de las operaciones

Elaboración propia

En la figura anterior muestra que el lineamiento de control posee dos secciones, una sobre la cual se revisan temas referentes al trabajo estandarizado y otra sobre los lineamientos para conservar la calidad de los productos.

Para la supervisión se han diseñado 14 cuestionamientos sobre los cuales se debe decidir sobre si se obtiene una visión positiva o negativa de la realidad, en tanto que se espera lograr un alto nivel de cumplimiento para mejorar el sistema de trabajo.

Otro elemento complementario para la supervisión de las labores es contar con un cronograma de auditorías a fin de cumplir con un sistema de control; ello se presenta en la siguiente tabla 18.

El cronograma de auditorías se basa en el control de los tiempos, el proceso de producción y la búsqueda de la mejora continua, en tanto que se cuenta con supervisiones programadas y no programadas de forma semanal para establecer un cuidado adecuado. De forma complementaria, se presenta una figura para el registro de accidentes con el objetivo de cuidar la salud del colaborador, figura 39.

FORMATO PARA EL REGISTRO DE ACCIDENTES		
INCIDENTE	<input type="checkbox"/>	
PELIGRO	<input type="checkbox"/>	
Proceso:	Fecha: (En la que se levanta)	Área:
Modelo Estándar de Control Interno	<input type="checkbox"/>	
Sistema de Gestión de SST	<input type="checkbox"/>	
Otro Sistema de Gestión	<input type="checkbox"/>	
DESCRIPCION		
DATOS DE QUIEN REPORTA		
Nombre:		

Cargo:		

Observaciones		

Figura 39 Formato para el registro de incidentes
Elaboración propia

El control de la accidentabilidad es importante porque permite conservar la salud y de los trabajadores y ante la identificación de un peligro, se procede a llenar el formulario para que el área correspondiente mejore las condiciones o la operatividad.

4.4. Escenario posterior

Para mostrar el impacto de las mejoras es necesario contar con una revisión de los indicadores clave sobre la gestión de la productividad y los avances en el tiempo para la fabricación. En este sentido, se mostrará la información sobre la evolución de los datos a lo largo de los 12 meses de investigación, considerando el análisis de cada variable.

Variable independiente: Ingeniería de métodos

El análisis de la ingeniería de métodos fue posible a través del estudio de las dimensiones que lo explican a saber, el estudio de tiempos y movimientos. En este sentido, se presenta una inspección de dichos indicadores a lo largo de los 12 meses de estudio mediante la siguiente tabla 19.

Tabla 19

Análisis de la ingeniería de métodos previo

Periodo	Estudio de tiempos			Estudio de movimientos		
	AAV	TT	%ET	MAV	TM	%EM
Mes 1	02:10:05	3:06:09	69.88%	36	64	56.3%
Mes 2	02:13:18	3:09:31	70.34%	38	62	61.3%
Mes 3	02:09:25	3:10:23	67.98%	37	65	56.9%
Mes 4	02:08:21	3:06:11	68.94%	41	66	62.1%
Mes 5	02:09:30	3:11:14	67.72%	39	72	54.2%
Mes 6	02:13:23	3:19:48	66.76%	38	77	49.4%
Mes 7	02:07:55	2:48:33	75.89%	40	64	62.5%
Mes 8	02:05:58	2:45:06	76.30%	38	61	62.3%
Mes 9	02:03:40	2:39:36	77.49%	35	57	61.4%
Mes 10	02:01:06	2:33:31	78.89%	33	52	63.5%
Mes 11	01:57:10	2:25:48	80.36%	34	50	68.0%
Mes 12	01:49:23	2:13:51	81.72%	39	51	76.5%

Elaboración propia

Como se observa en la tabla anterior el estudio de tiempos explica la proporción de las actividades que agregan valor sobre el tiempo total de las operaciones; dicho indicador muestra un desempeño irregular con tendencia a la baja, dado que se inicia con 69.88% y

culmina en 66.76%; ello indica que las actividades que agregan valor no ocupan un lugar importante dentro del sistema productivo. A partir del mes 7, se observan beneficios por la implementación de cambios, en tanto que el indicador incrementa a 76.3% en dicho periodo y alcanza su valor más alto en el mes 12 con 81.72%: Por otro lado, el estudio de movimientos refleja un escenario similar, dado que la proporción de los movimientos que agregan valor se reducen del 56.3% hasta el 49.4%, lo cual demuestra que las actividades que no agregan valor cuentan con muchos desperdicios o elementos repetitivos que retrasan el sistema de producción. Luego de la implementación de la metodología se observa un crecimiento importante dado que en el periodo final el valor fue de 76.5%.

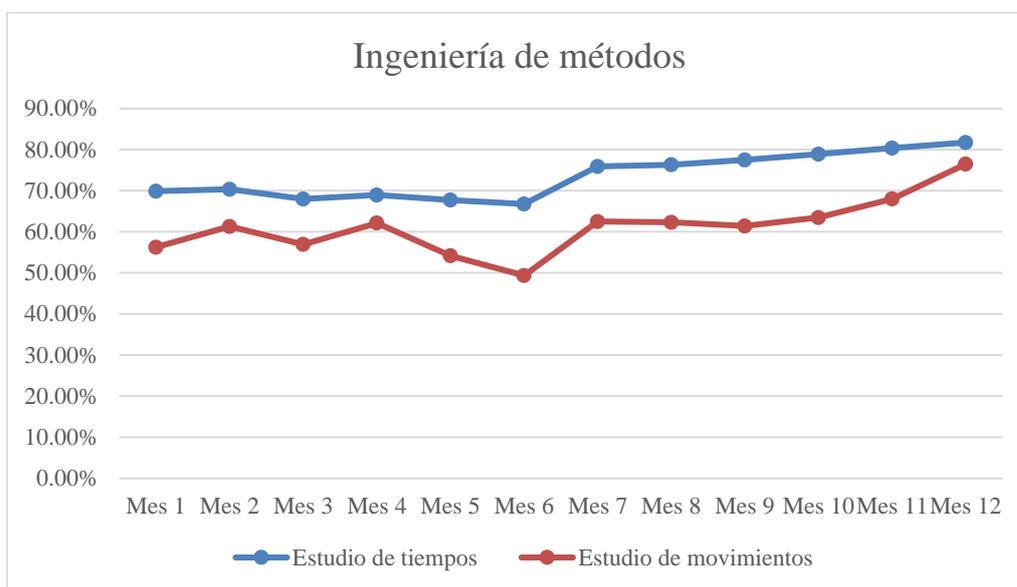


Figura 40 Análisis de la ingeniería de métodos

Elaboración propia

En el escenario global se observa un gran incremento de los indicadores debido a la implementación de mejoras dentro del área de operaciones de la empresa, en tanto que se evidencia una tendencia al alza del estudio de tiempos y movimientos a partir del mes 7 y se alcanzan los valores más altos durante el mes 12, ello implica que se logra adecuar el sistema de producción hacia la eficiencia para lograr un mayor estándar y nivel de calidad. Este escenario tiene impactos en la productividad, tal como se muestra en la siguiente sección.

Variable dependiente: Productividad

La implementación de una metodología permite lograr cambios a lo largo del tiempo sobre la productividad, en tanto que se desea un menor tiempo de fabricación que permita optimizar las labores en la planta; por lo tanto, se ha tomado el análisis a través del tiempo estándar, el tiempo útil y la productividad de la mano de obra.

Dimensión Tiempo estándar

El tiempo estándar se calcula a través de la suma del tiempo normal y el tiempo de los suplementos a fin de establecer un lineamiento sobre la duración de las actividades y para ello se presenta la siguiente tabla 20.

Tabla 20

Análisis del tiempo estándar

Escenario	Periodo	Tiempo estándar		
		Tiempo normal	Tiempo de suplementos	Tiempo estándar
Previo	Mes 1	2:40:24	0:25:45	3:06:09
	Mes 2	2:43:18	0:26:13	3:09:31
	Mes 3	2:44:03	0:26:20	3:10:23
	Mes 4	2:40:26	0:25:45	3:06:11
	Mes 5	2:44:47	0:26:27	3:11:14
	Mes 6	2:52:10	0:27:38	3:19:48
	Mes 7	2:30:54	0:17:39	2:48:33
Posterior	Mes 8	2:27:48	0:17:18	2:45:06
	Mes 9	2:22:53	0:16:43	2:39:36
	Mes 10	2:17:26	0:16:05	2:33:31
	Mes 11	2:10:32	0:15:16	2:25:48
	Mes 12	1:59:50	0:14:01	2:13:51

Elaboración propia

En la tabla anterior se evidencia la presencia de 2 escenarios, uno previo a la implementación de cambios y otro posterior a ella, con una equivalencia de 6 meses para cada uno. En el análisis inicial se observan altos tiempos de ejecución normal que fluctúan entre valores de 2 horas con 40 minutos y 24 segundos hasta 2 horas con 52 minutos y 10 segundos en los meses 1 y 6, respectivamente; adicionalmente, el tiempo de los suplementos también presenta un incremento dentro del escenario previo, lo cual indica una alta fatiga por parte

de los trabajadores, en tanto que se pasó de un tiempo por suplementos de 25 minutos y 45 segundos hasta 27 minutos con 38 segundos. Como resultado, se obtienen tiempos de ejecución estándar cada vez más altos a lo largo del tiempo y se obtiene un valor final de 3 horas con 19 minutos y 48 segundos. A partir de la implementación de cambios en el escenario posterior se evidencia mejoras para dichos indicadores, en tanto que se logran reducciones importantes para el tiempo normal hasta 1 hora con 59 minutos y 50 segundos, un tiempo de suplementos de 14 minutos y 1 segundo y un tiempo estándar de 2 horas con 13 minutos y 51 segundos.

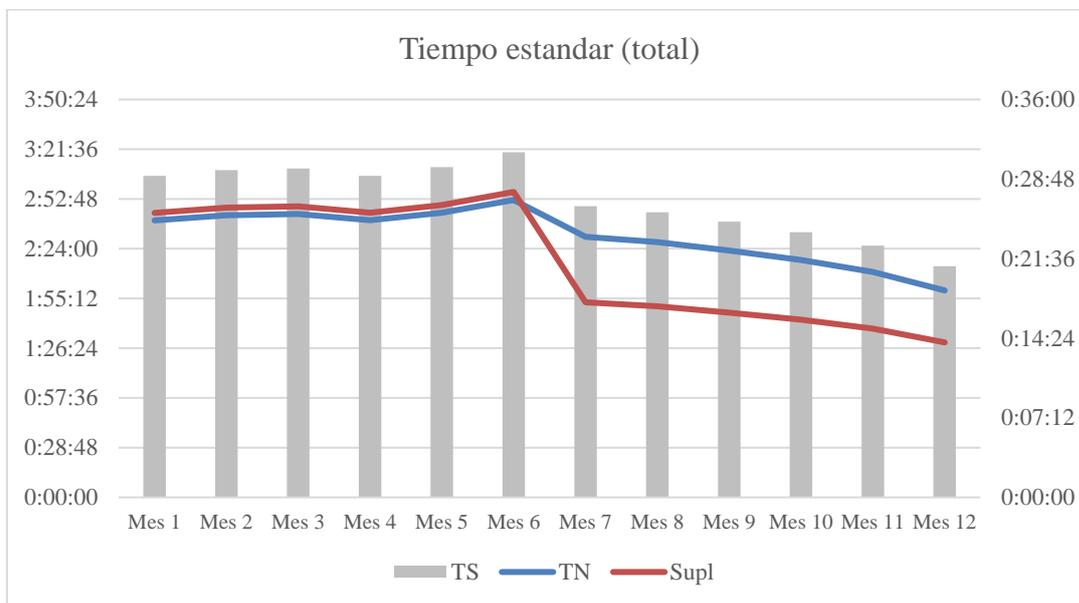


Figura 41 Análisis de la ingeniería de métodos
Elaboración propia

En la figura anterior se evidencia una reducción importante en los tiempos a partir de la implementación de la ingeniería de métodos; el punto de quiebre fue en el mes 7 cuando se empiezan a ver cambios significativos en el tiempo de suplementos y a lo largo de los demás meses se observa una caída del tiempo normal lo cual desencadena en un tiempo estándar cada vez menor para la fabricación de portarretardos.

Dimensión: Tiempo útil

El primer aspecto que se ha tomado en cuenta para la comparación sobre la productividad fue el tiempo útil, en tanto que se desea incrementar la proporción del tiempo de las

actividades que agregan valor sobre el tiempo estándar a fin de observar el cambio por la implementación y para ello se presenta la siguiente tabla 21.

Tabla 21
Análisis del tiempo útil

Escenario	Periodo	Tiempo útil		
		TS AGV	TS	(%)
Previo	Mes 1	02:30:58	3:06:09	81.1%
	Mes 2	02:34:42	3:09:31	81.6%
	Mes 3	02:30:11	3:10:23	78.9%
	Mes 4	02:30:11	3:06:11	80.7%
	Mes 5	02:30:17	3:11:14	78.6%
	Mes 6	02:34:47	3:19:48	77.5%
Posterior	Mes 7	02:22:53	2:48:33	84.8%
	Mes 8	02:20:42	2:45:06	85.2%
	Mes 9	02:18:08	2:39:36	86.6%
	Mes 10	02:15:16	2:33:31	88.1%
	Mes 11	02:10:53	2:25:48	89.8%
	Mes 12	02:02:11	2:13:51	91.3%

Elaboración propia

El comportamiento del tiempo útil mostró un desempeño decreciente durante los meses del escenario previo; a pesar de obtener altos tiempos de las actividades que agregan valor, dicha proporción sobre el tiempo estándar era bastante baja, en tanto que se observan valores de 81.1% en el primer mes que disminuye hasta el 77.5% en el sexto mes. En base a dicha problemática se plantea la ingeniería de métodos como solución, puesto que un objetivo clave era disminuir el tiempo total de las operaciones en la fabricación. Los cambios efectuados en el sistema productivo evidenciaron una reducción significativa en el tiempo estándar que finalmente fue de 2 horas con 13 minutos y 51 segundos; por otro lado, las actividades que agregan valor tuvieron una mayor presencia sobre el tiempo total dado que se alcanza una duración en este concepto por 2 horas con 2 minutos y 11 segundos en el último mes de evaluación, lo que determina una proporción de tiempo útil de 91.3%. Para graficar la evolución durante los 12 meses se presenta la siguiente figura 42.

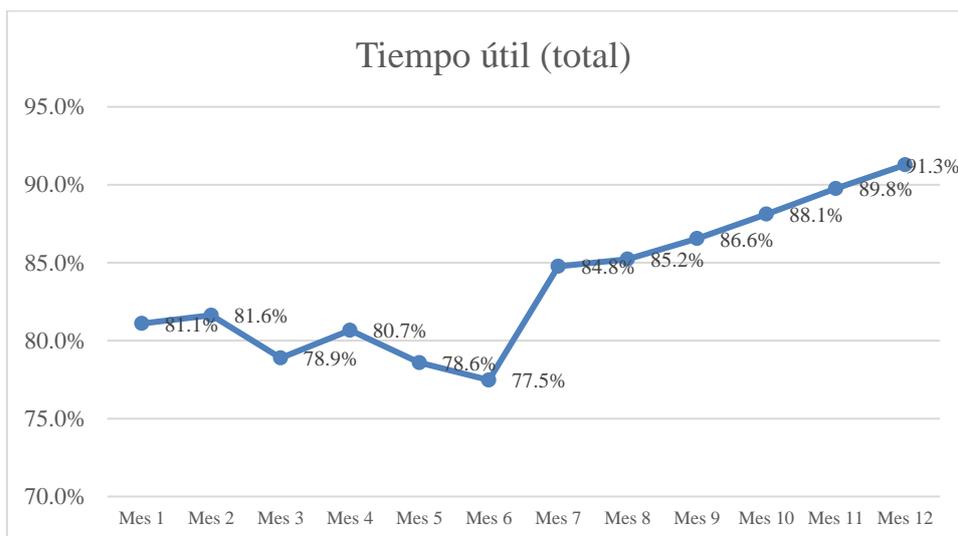


Figura 42 Análisis del tiempo útil

Elaboración propia

El tiempo útil presenta un comportamiento irregular con tendencia a la baja durante los primeros seis meses de evaluación y alcanza su valor más bajo con el 77.5%, luego en el séptimo mes, cuando se aplicaron los cambios, se logra un incremento hasta el 84.8% y se continua con una tendencia creciente en los meses siguientes con valores de 85.2%, 86.6%, 88.1%, 89.8% y finalmente el valor más alto se alcanza en el mes 12 con un tiempo útil de 91.3%; dichos cambios reflejan la efectividad de la metodología para lograr una mejora en la productividad de la fabricación de portaretardos.

Dimensión: Productividad de la mano de obra

El segundo factor para tomar en cuenta fue la productividad de la mano de obra puesto ello es un reflejo del buen empleo de los recursos productivos para la fabricación de bienes. En este sentido, se ha establecido una relación entre el tiempo estándar de la mano de obra y la duración de la jornada laboral; para mostrar la evolución de esta dimensión se presenta la siguiente tabla 22.

Tabla 22

Análisis de la productividad de mano de obra previo

Escenario	Periodo	Productividad Mano de obra		
		TSMO	Jornada laboral	PMO
Previo	Mes 1	02:08:48	08:00:00	3.73
	Mes 2	02:12:39	08:00:00	3.62
	Mes 3	02:14:06	08:00:00	3.58
	Mes 4	02:11:27	08:00:00	3.65
	Mes 5	02:16:18	08:00:00	3.52
	Mes 6	02:23:43	08:00:00	3.34
	Mes 7	01:53:21	08:00:00	4.23
	Mes 8	01:50:22	08:00:00	4.35
Posterior	Mes 9	01:45:26	08:00:00	4.55
	Mes 10	01:39:43	08:00:00	4.81
	Mes 11	01:32:56	08:00:00	5.16
	Mes 12	01:23:13	08:00:00	5.77

Elaboración propia

En la tabla anterior se evidencia la evolución del tiempo estándar de la mano de obra en comparación con la jornada laboral. El indicador de la productividad de la mano de obra en el escenario previo no logra mostrar un desempeño adecuado de este recurso, en tanto que se pasa de 3.73 en el primer mes hasta 3.34 en el último mes del mes previo. Luego de la implementación de la ingeniería de métodos se observa que el tiempo se reduce sin afectar la calidad del portaretardos o la programación de la producción en tanto que el tiempo estándar de la mano de obra se reduce hasta 1 hora con 23 minutos y 13 segundos, lo cual determina un indicador de productividad de este factor de 5.77. Para mostrar los cambios de forma didáctica se presenta la siguiente figura 43.

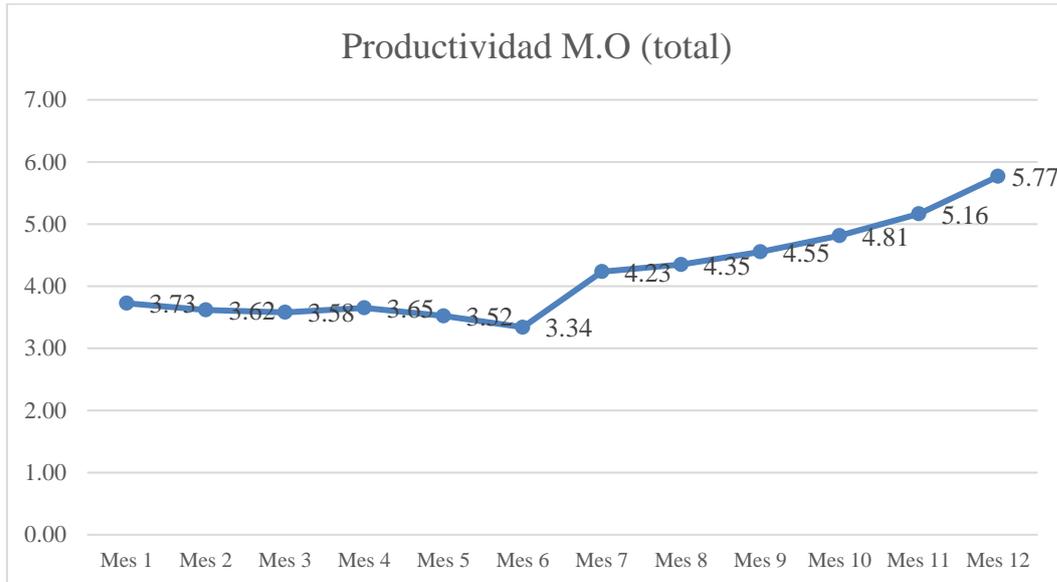


Figura 43 Análisis de la productividad de mano de obra previo
Elaboración propia

La evolución de la productividad de la mano de obra presenta un comportamiento estable durante los primeros meses de análisis (escenario previo) dado que se obtienen valores que fluctúan entre 3.73 hasta 3.34 en los meses 1 y 6, respectivamente. A partir del séptimo mes se aplican las modificaciones en base a la metodología de la ingeniería de métodos y se logra un incremento hasta 4.25 y este valor aumenta de forma sostenida hasta 5.77 en su punto máximo en el mes 12.

4.5. Análisis comparativo

Un punto adicional es el análisis comparativo de escenarios a fin de contrastar los hallazgos entre el escenario promedio previo y posterior a fin de observar los cambios por la implementación de mejoras. Para lograr dicha evaluación se hará una diferenciación en base a las variables y dimensiones en cada uno.

Variable independiente: Ingeniería de métodos

En primer lugar, se procede a comparar el escenario previo y posterior de la ingeniería de métodos a través de sus dimensiones de estudio de tiempos y movimientos a fin de evaluar el cambio por la aplicación de la metodología; ello se presenta en la siguiente figura 44.

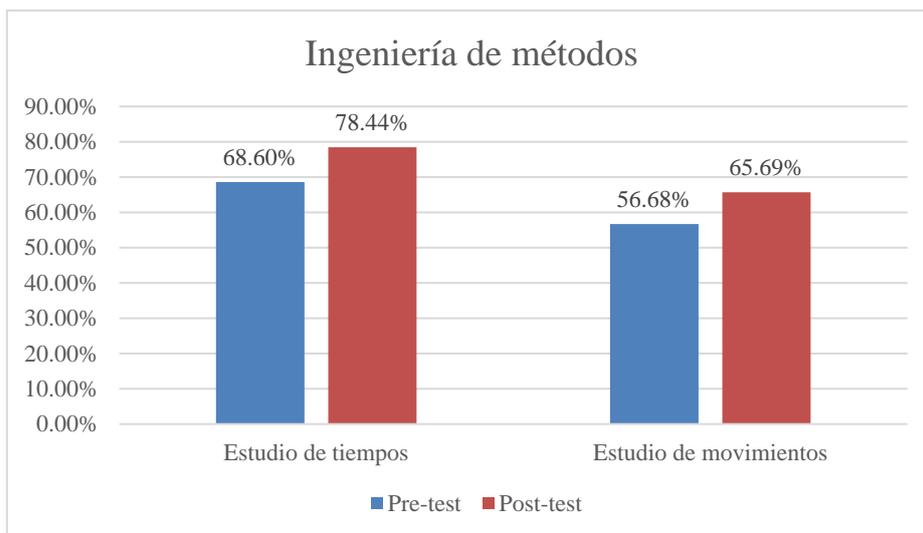


Figura 44 Análisis comparativo de escenarios de la ingeniería de métodos
Elaboración propia

En la figura anterior se observa un cambio importante respecto a los promedios del estudio de tiempos y movimientos. Para el primer caso, se pasa de un promedio previo de 68.6% hasta el 78.4%, es decir, en el final se emplea de forma más adecuada el tiempo de producción. Asimismo, para el estudio de movimientos se pasa de un promedio previo de 56.68% hasta el 65.69%, dicho cambio implica que los movimientos de las actividades que agregan valor tienen más presencia dentro de la producción.

Variable dependiente: Productividad

La variable sobre la cual se desea medir el impacto de los cambios fue la productividad, la cual se divide en tiempo estándar, tiempo útil y la productividad de la mano de obra; por lo tanto, es necesario comparar la modificación en los escenarios previo y posterior a la mejora y ello se presenta a continuación.

Dimensión Tiempo estándar

Para el análisis del tiempo estándar se ha considerado la comparación de los 3 indicadores claves de la metodología dentro del promedio de 6 meses previos y 6 meses posteriores mediante la siguiente figura 45.

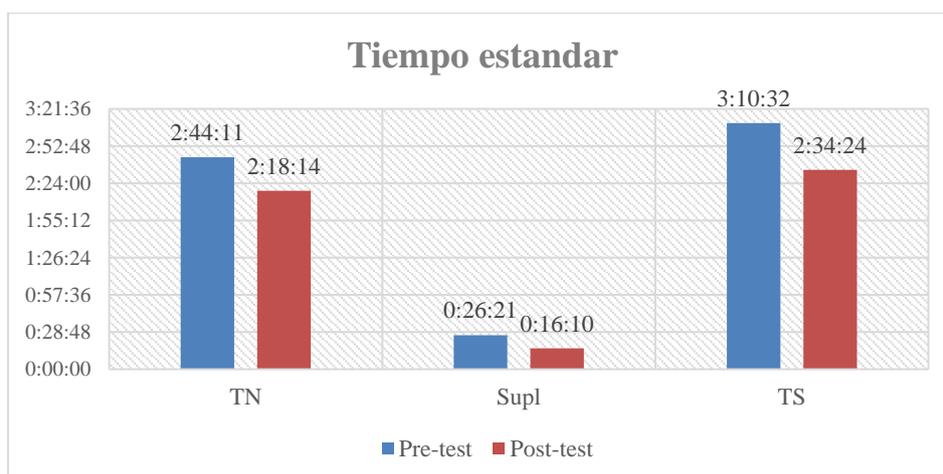


Figura 45 Análisis comparativo del tiempo estándar

Elaboración propia

El análisis comparativo evidencia una reducción importante de los tiempos en cada uno de los indicadores, para el caso del tiempo normal, se pasa de un valor promedio previo de 2 horas con 44 minutos y 11 segundos hasta 2 horas con 18 minutos y 14 segundos. Por otro lado, el análisis del tiempo de suplementos indica una disminución de 26 minutos y 21 segundos para el escenario previo hasta los 16 minutos con 10 segundos en el final; ello determina una menor fatiga de los colaboradores que permite optimizar los trabajos operativos y mantener la calidad de los productos. Finalmente, el tiempo estándar también experimenta una reducción de 3 horas con 10 minutos y 32 segundos hasta 2 horas con 34 minutos y 24 segundos en promedio para el escenario previo y posterior, respectivamente.

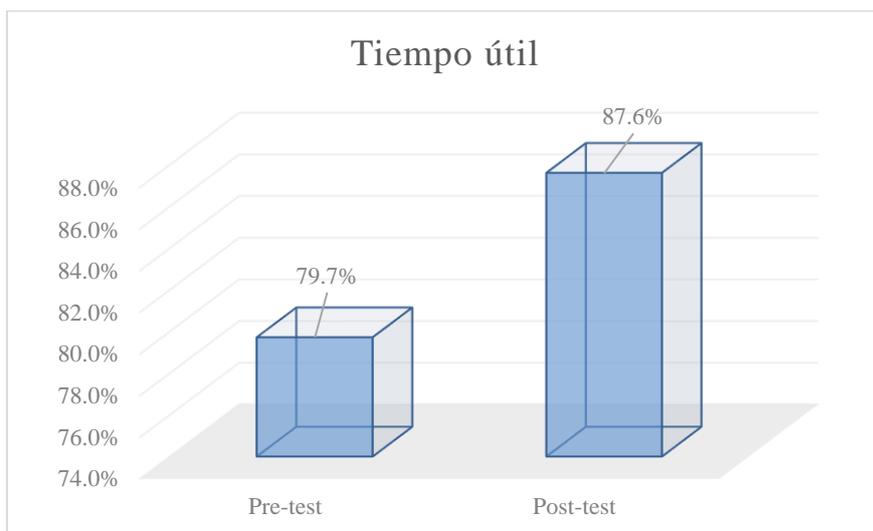


Figura 46 Análisis comparativo de escenarios del tiempo útil
Elaboración propia

La comparación de escenarios permite mostrar la modificación de la proporción del tiempo útil sobre el tiempo estándar, la cual se incrementó de 79.7% hasta 87.6% en el promedio del escenario final. El cambio de 7.9% en promedio muestra que la metodología ha logrado resultados positivos sobre la productividad en tanto que se emplea mejor el tiempo y se logra una mayor proporción del tiempo de las actividades que agregan valor sobre el tiempo estándar empleado para la fabricación de portaretardos. Adicionalmente se comenta sobre el cambio en la productividad de la mano de obra en la siguiente figura 47.

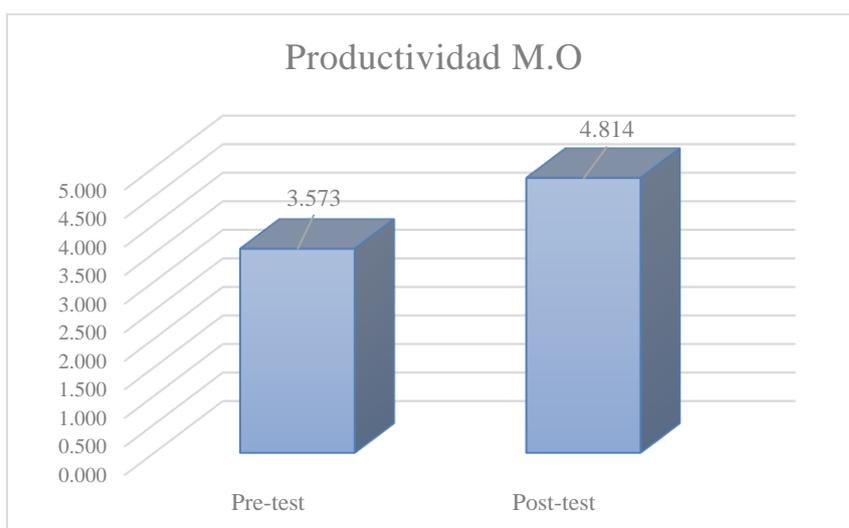


Figura 47 Análisis comparativo de escenarios de la productividad de la mano de obra
Elaboración propia

El segundo aspecto por evaluar fue la productividad de la mano de obra en los escenarios previo y posterior a la implementación de la metodología; para este indicador se logró un incremento desde 3.57 en promedio del escenario inicial hasta 4.81 en el promedio del escenario final. En este sentido, se evidencia que gracias a la implementación de la metodología permite un mejor empleo de la mano de obra, recurso vital para la fabricación.

4.6. Análisis económico

Para evaluar el impacto de la implementación de cambios se ha recurrido al análisis económico, es decir, contrastar los costos respecto a los beneficios monetarios. En primer lugar, se detallan los costos de implementación en la siguiente tabla 23.

Tabla 23

Costos de aplicación de mejoras en el taller

Partida	Costos	Cantidad	Precio unitario	Total	(%)
Capacitación	Charlas de formación	1	550.00	S/ 550.00	8.82%
	Instructivos	2	45.00	S/ 90.00	1.44%
	Material de capacitación	10	5.00	S/ 50.00	0.80%
Gestión del área de trabajo	Limpieza del taller	1	450.00	S/ 450.00	7.21%
	Trabajos de conexión eléctrica	1	300.00	S/ 300.00	4.81%
	Señalética de equipos	50	2.50	S/ 125.00	2.00%
	Señales de seguridad y orientación	30	3.50	S/ 105.00	1.68%
	Mural de indicadores y programación	2	230.00	S/ 460.00	7.37%
	Estantes y muebles	4	150.00	S/ 600.00	9.62%
	Cronometro	1	129.00	S/ 129.00	2.07%
Estudio de tiempos	Asesoría temática	4	150.00	S/ 600.00	9.62%
	Instructivos	5	45.00	S/ 225.00	3.61%
	Diagramas de proceso	4	25.00	S/ 100.00	1.60%
	Formatos de estudio	60	1.50	S/ 90.00	1.44%
	Formatos de control	30	2.50	S/ 75.00	1.20%
Sistema de controles	Sistema de cámaras	1	490.00	S/ 490.00	7.85%
	Sistema de auditorias	6	250.00	S/ 1,500.00	24.04%
	Sistema de control visual	2	150.00	S/ 300.00	4.81%
Total				S/ 6,239.00	

Fuente: Elaboración propia

El detalle anterior muestra que los costos de la aplicación ascienden a S/ 6,239 soles en tanto que los costos de la implementación inicial corresponden a S/ 4,859 soles y luego S/ 1,380 soles se gastaran de forma mensual para el mantenimiento de los cambios, ello corresponde a las partidas de capacitación, asesoría temática y formatos de estudios de tiempo. De forma complementaria se presenta el flujo de caja a continuación tabla 24.

Tabla 24

Flujo de caja

	Mes 0	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6
Producción por ciclo		250	250	250	250	250	250
PMO Pre		3.73	3.62	3.58	3.65	3.52	3.34
PMO Post		4.23	4.35	4.55	4.81	5.16	5.77
PMO adicional		0.51	0.73	0.97	1.16	1.64	2.43
Producción adicional		126	182	243	290	410	607
Precio de portaretardos		S/ 17.50					
Ingreso adicional		S/ 2,220.73	S/ 3,196.99	S/ 4,258.70	S/ 5,084.75	S/ 7,189.48	S/ 10,622.47
Costos							
Implementación	-S/ 4,859.00	0	0	0	0	0	0
Mantenimiento		-1380.00	-1380.00	-1380.00	-1380.00	-1380.00	-1380.00
Total de costos	-S/ 4,859.00	-S/ 1,380.00					
Flujo de caja	-S/ 4,859.00	S/ 840.73	S/ 1,816.99	S/ 2,878.70	S/ 3,704.75	S/ 5,809.48	S/ 9,242.47
Flujo de caja acumulado	-S/ 4,859.00	-S/ 4,018.27	-S/ 2,201.28	S/ 677.42	S/ 4,382.17	S/ 10,191.64	S/ 19,434.12

Fuente: Elaboración propia

El análisis del flujo de caja muestra que los ingresos se componen por una mayor producción en base al incremento de la productividad de la mano de obra, es decir, al efectuar más ciclos de producción, la cantidad total de portaretardos se incrementa en el análisis comparativo de cada mes, considerando una producción adicional de 126 para el primer periodo y hasta 609 en el último mes; a partir de ello, tomando en cuenta el precio del bien se puede estimar el ingreso adicional. Por otro lado, el análisis de costos se divide en los elementos necesarios de la implementación y mantenimiento de mejoras. El flujo de caja de cada mes expresa resultados positivos y crecientes a lo largo de cada mes, en tanto que de forma acumulada es posible recuperar la inversión y obtener resultados positivos a partir del tercer mes. En base a dichos datos se ha efectuado el análisis financiero a través de los siguientes indicadores.

Tabla 25

Indicadores financieros

Indicador	Valor
VAN	S/8,392.45
COK	12.5%
TIR	47.13%
B/C	2.48

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior se muestran los indicadores financieros en base a la evaluación de la implementación. En primer lugar, la tasa del costo de oportunidad de la empresa fue proporcionada como dato por la gerencia, a saber, 25% al año, lo cual equivale a un 12.5% en un periodo de 6 meses. A partir de ello, se comparan los flujos de cada mes para obtener el valor actual neto (VAN) de S/ 8,392 soles, lo cual indica una rentabilidad; por otro lado, la tasa interna de retorno (TIR) corresponde a 47.13% y al ser mayor a la tasa del costo de oportunidad semestral indica viabilidad de la implementación. Adicionalmente, se menciona que el ratio de beneficio – costo asciende a 2.48, es decir, por cada sol invertido se obtiene S/ 1.48 soles de ganancia. Los indicadores anteriores concluyen que la implementación cuenta con una viabilidad económica y financiera.

4.7. Pruebas de hipótesis

Hipótesis específica 1

Mediante la ingeniería de métodos se reduce el tiempo estándar en la línea de producción de portaretardos en una empresa del sector metalmeccánico, Lima.

Pruebas de normalidad

Regla de decisión

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

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

Tabla 26

Prueba de normalidad antes y después de la hipótesis específica 1

	Escenario	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Tiempo estándar	Previo	,279	6	,160	,840	6	,131
	Posterior	,156	6	,200*	,952	6	,760

Fuente: Elaboración propia con SPSS v.25

De la tabla anterior, se observa que en el análisis de la normalidad la significancia del tiempo estándar previo (0.131) y posterior (0.760) son mayor que 0.05; por lo tanto queda demostrado que los datos de la serie tienen un comportamiento paramétrico y provienen de una distribución normal. A partir de ello, el resultado se procede a contrastar con el estadígrafo T de Student.

Contrastación de hipótesis

Ho: Mediante la ingeniería de métodos no se reduce el tiempo estándar en la línea de producción de portaretardos en una empresa del sector metalmeccánico, Lima.

Ha: Mediante la ingeniería de métodos se reduce el tiempo estándar en la línea de producción de portaretardos en una empresa del sector metalmeccánico, Lima

Regla de decisión

Ho: TS antes \leq TS después

Ha: TS antes $>$ TS después

Tabla 27

Estadísticos inferenciales de la hipótesis específica 1 antes y después

	Media	N	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Tiempo estándar Pre	3:10:32	6	0:05:00	0:02:02
Tiempo estándar Post	2:34:24	6	0:12:57	0:05:17

Fuente: Elaboración propia con SPSS v.25

En la tabla anterior, se evidencia que la media del tiempo estándar (3:10:32) es mayor que en el escenario posterior (2:34:24); en este sentido, se rechaza $H_0: TS \text{ antes} \leq TS \text{ después}$ y por tanto se rechaza la hipótesis nula y se toma la hipótesis alterna. Para confirmar que el análisis es correcto, se procede a la evaluación de la significancia de los resultados a través de la prueba T de Student para ambos escenarios del tiempo estándar.

Tabla 28

Estadísticos de la prueba T de Student de la hipótesis específica 1

	Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior	Superior			
Tiempo estándar Pre - Tiempo estándar Post	0:36:08	0:17:18	0:07:03	0:17:59	0:54:17	5,116	5	,004

Fuente: Elaboración propia con SPSS v.25

En el análisis anterior se verifica que la significancia de la prueba T de Student aplicada al tiempo estándar previo y posterior fue de $0.004 < 0.05$; por ello y de acuerdo con la regla de decisión, se rechaza la hipótesis nula y se toma la hipótesis alterna donde se menciona que mediante la ingeniería de métodos se reduce el tiempo estándar en la línea de producción de portaretardos en una empresa del sector metalmeccánico, Lima.

Hipótesis específica 2

Mediante la ingeniería de métodos se incrementa el tiempo productivo en la línea de producción de portaretardos en una empresa del sector metalmeccánico, Lima.

Pruebas de normalidad

Regla de decisión

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

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

Tabla 29

Prueba de normalidad antes y después de la hipótesis específica 2

	Escenario	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Tiempo productivo	Previo	,217	6	,200*	,928	6	,567
	Posterior	,160	6	,200*	,943	6	,684

Fuente: Elaboración propia con SPSS v.25

De la tabla anterior, se observa que en el análisis de la normalidad la significancia del tiempo productivo previo (0.567) y posterior (0.684) son mayor que 0.05; por lo tanto, queda demostrado que los datos de la serie tienen un comportamiento paramétrico y provienen de una distribución normal. A partir de ello, el resultado se procede a contrastar con el estadígrafo T de Student.

Contrastación de hipótesis

Ho: Mediante la ingeniería de métodos no se incrementa el tiempo productivo en la línea de producción de portaretardos en una empresa del sector metalmeccánico, Lima.

Ha: Mediante la ingeniería de métodos se incrementa el tiempo productivo en la línea de producción de portaretardos en una empresa del sector metalmeccánico, Lima.

Regla de decisión

Ho: TP antes \geq TP después

Ha: TP antes $<$ TP después

Tabla 30

Estadísticos inferenciales de la hipótesis específica 2 antes y después

	Media	N	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Tiempo Productivo Pre	,7973	6	,01640	,00669
Tiempo Productivo Post	,8762	6	,02577	,01052

Fuente: Elaboración propia con SPSS v.25

En la tabla anterior, se evidencia que la media del tiempo productivo previo (0.7973) es menor que en el escenario posterior (0.8762); en este sentido, se rechaza $H_0: TP \text{ antes} \geq TP \text{ después}$ y por tanto se rechaza la hipótesis nula y se toma la hipótesis alterna. Para confirmar que el análisis es correcto, se procede a la evaluación de la significancia de los resultados a través de la prueba T de Student para ambos escenarios del tiempo productivo.

Tabla 31

Estadísticos de la prueba T de Student de la hipótesis específica 2

	Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior	Superior			
Tiempo productivo Pre – Tiempo productivo Post	- ,07891	,04056	,01656	-,12147	-,03635	- 4,766	5	,005

Fuente: Elaboración propia con SPSS v.25

En el análisis anterior se verifica que la significancia de la prueba T de Student aplicada al tiempo productivo previo y posterior fue de $0.005 < 0.05$; por ello y de acuerdo con la regla de decisión, se rechaza la hipótesis nula y se toma la hipótesis alterna donde se menciona que mediante la ingeniería de métodos se incrementa el tiempo productivo en la línea de producción de portaretardos en una empresa del sector metalmeccánico, Lima.

Hipótesis específica 3

Mediante la ingeniería de métodos se incrementa la cantidad producida en la línea de producción de portaretardos en una empresa del sector metalmeccánico, Lima.

Pruebas de normalidad

Regla de decisión

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

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

Tabla 32

Prueba de normalidad antes y después de la hipótesis específica 3

	Escenario	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
PMO	Previo	,280	6	,154	,896	6	,351
	Posterior	,215	6	,200*	,862	6	,198

Fuente: Elaboración propia con SPSS v.25

De la tabla anterior, se observa que en el análisis de la normalidad la significancia de la productividad de la mano de obra (0.351) y posterior (0.198) son mayor que 0.05; por lo tanto, queda demostrado que los datos de la serie tienen un comportamiento paramétrico y provienen de una distribución normal. A partir de ello, el resultado se procede a contrastar con el estadígrafo T de Student.

Contrastación de hipótesis

Ho: Mediante la ingeniería de métodos no se incrementa la cantidad producida en la línea de producción de portaretardos en una empresa del sector metalmeccánico, Lima.

Ha: Mediante la ingeniería de métodos se incrementa la cantidad producida en la línea de producción de portaretardos en una empresa del sector metalmeccánico, Lima.

Regla de decisión

Ho: PMO antes \geq PMO después

Ha: PMO antes $<$ PMO después

Tabla 33

Estadísticos inferenciales de la hipótesis específica 3 antes y después

	Media	N	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
PMO Pre	3,5733	6	,13343	,05447
PMO Post	4,8947	6	,66192	,27023

Fuente: Elaboración propia con SPSS v.25

En la tabla anterior, se evidencia que la media de la productividad de la mano de obra antes (3.57) es menor que en el escenario posterior (4.89); en este sentido, se rechaza H_0 : PMO antes \geq PMO después y por tanto se rechaza la hipótesis nula y se toma la hipótesis alterna. Para confirmar que el análisis es correcto, se procede a la evaluación de la significancia de los resultados a través de la prueba T de Student para ambos escenarios de la hipótesis específica 3

Tabla 34

Estadísticos de la prueba T de Student de la hipótesis específica 3

	Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior	Superior			
PMO Pre – PMO Post	- 1,32133	,77910	,31806	-2,13895	-,50372	- 4,154	5	,009

Fuente: Elaboración propia con SPSS v.25

En el análisis anterior se verifica que la significancia de la prueba T de Student aplicada a la productividad de la mano de obra previo y posterior fue de $0.009 < 0.05$; por ello y de acuerdo con la regla de decisión, se rechaza la hipótesis nula y se toma la hipótesis alterna donde se menciona que mediante la ingeniería de métodos se incrementa la cantidad producida en la línea de producción de portaretardos en una empresa del sector metalmeccánico, Lima.

Hipótesis general

Mediante la ingeniería de métodos se incrementa la productividad en la línea de producción de portaretardos en una empresa del sector metalmeccánico, Lima.

Pruebas de normalidad

Regla de decisión

Si p -valor < 0.05 , los datos de la serie tienen un comportamiento no paramétrico

Si p -valor ≥ 0.05 , los datos de la serie tienen un comportamiento paramétrico

Tabla 35

Prueba de normalidad antes y después de la hipótesis general

	Escenario	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
T_Standar	Previo	,279	6	,160	,840	6	,131
	Posterior	,156	6	,200*	,952	6	,760
PMO	Previo	,280	6	,154	,896	6	,351
	Posterior	,215	6	,200*	,862	6	,198
T_Productivo	Previo	,217	6	,200*	,928	6	,567
	Posterior	,160	6	,200*	,943	6	,684

Fuente: Elaboración propia con SPSS v.25

De la tabla anterior, se observa que en el análisis de la normalidad la significancia de la productividad en la línea de producción previo (0.131; 0.351 y 0.567) y posterior (0.760; 0.351 y 0.684) son mayor que 0.05; por lo tanto, queda demostrado que los datos de la serie tienen un comportamiento paramétrico y provienen de una distribución normal. A partir de ello, el resultado se procede a contrastar con el estadígrafo T de Student.

Contrastación de hipótesis

Ho: Mediante la ingeniería de métodos no se incrementa la productividad en la línea de producción de portaretardos en una empresa del sector metalmeccánico, Lima.

Ha: Mediante la ingeniería de métodos se incrementa la productividad en la línea de producción de portaretardos en una empresa del sector metalmeccánico, Lima.

Regla de decisión

Ho: TS antes \leq TS después; TP antes \geq TP después y PMO antes \geq PMO después

Ha: TS antes $>$ TS después; TP antes $<$ TP después y PMO antes $<$ PMO después

Tabla 36

Estadísticos inferenciales de la hipótesis general antes y después

		Media	N	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Par 1	TProductivo_Pre	,7973	6	,01640	,00669
	TProductivo_Post	,8762	6	,02577	,01052
Par 2	PMO_Pre	3,5733	6	,13343	,05447
	PMO_Post	4,8947	6	,66192	,27023
Par 3	TStandar_Pre	3:10:32	6	0:05:00	0:02:02
	TStandar_Post	2:34:24	6	0:12:57	0:05:17

Fuente: Elaboración propia con SPSS v.25

En la tabla anterior, se evidencia que la media de la productividad en la línea de producción antes (0.7973; 3.57 y 3:10:32) es inferior que en el escenario posterior (0.876; 4.894 y 2:34:24); en este sentido, se rechaza Ho: TS antes \leq TS después; TP antes \geq TP después y PMO antes \geq PMO después y por tanto se rechaza la hipótesis nula y se toma la hipótesis alterna. Para confirmar que el análisis es correcto, se procede a la evaluación de la significancia de los resultados a través de la prueba T de Student para ambos escenarios de la hipótesis general.

Tabla 37

Estadísticos de la prueba T de Student de la hipótesis general

		Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 1	T Productivo Pre – T Productivo_Post	-,07891	,04056	,01656	-,12147	-,03635	-	5	,005
Par 2	PMO_Pre - PMO_Post	-	,77910	,31806	-2,13895	-,50372	-	5	,009

Par	TStandar_Pre -	0:36:08	0:17:18	0:07:03	0:17:59	0:54:17	5,116	5	,004
3	TStandar_Post								

Fuente: Elaboración propia con SPSS v.25

En el análisis anterior se verifica que la significancia de la prueba T de Student aplicada a la productividad en la línea de producción previo y posterior fue de 0.005; 0.004 y $0.009 < 0.05$; por ello y de acuerdo con la regla de decisión, se rechaza la hipótesis nula y se toma la hipótesis alterna donde se menciona que mediante la ingeniería de métodos se incrementa la productividad en la línea de producción de portaretardos en una empresa del sector metalmeccánico, Lima.

CAPÍTULO V. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

5.1. Discusión

En la presente sección se presenta la discusión de resultados a modo de comparar los hallazgos de la investigación respecto a los trabajos previos sobre el tema; ello permite delimitar el alcance y evaluar si se cumplen las tendencias o si se han logrado resultados de mayor o menor impacto según la experiencia en el sector.

En primer término, se menciona que la ingeniería de métodos reduce el tiempo estándar en la línea de producción de portaretardos en una empresa del sector metalmeccánico, Lima; dado que en el escenario previo se obtuvo una media previa (3:10:32) mayor que en el escenario posterior (2:34:24); adicionalmente dicha afirmación se verifica a través de la significancia de la prueba T de Student aplicada al tiempo estándar previo y posterior que fue de $0.004 < 0.05$. Un análisis sobre el estudio de tiempo estándar en el escenario internacional se muestra en Montoya et al. (2020) dado que el tiempo del ciclo dura 68 segundos y solo se determina un tiempo muerto de 15 segundos, en tanto que con la presencia de suplementos el tiempo llega a los 74.8 segundos, es decir, el suplemento implica un 22% y el tiempo estándar es de 90 segundos. Por otro lado, en Supe (2019) el tiempo estándar se calcula en 948.9 minutos con una cantidad de fabricación de 176 unidades al mes; además en Takakuwa, Yang y Nagatsuka (2018) la implementación de la ingeniería de métodos reduce el tiempo estándar de 44 a 33.9 segundos.

Asimismo, Mugmal (2017) el tiempo estándar se redujo de 14.05 minutos en el escenario inicial a 13.08 en el final por la aplicación de la metodología. A nivel nacional, en Mariátegui y Tapia (2020) luego de las mejoras en base a la ingeniería de métodos se observa una reducción del tiempo estándar de 1 hora, 27 minutos y 37 segundos a 1 hora, 2 minutos y 39 segundos. De forma similar en Collado y Rivera (2018) debido a la implementación de las herramientas de la ingeniería de métodos se logra una reducción del tiempo estándar de despacho de 0.97 a 1.22 horas

En segundo lugar, se ha establecido que la ingeniería de métodos incrementa el tiempo productivo en la línea de producción de portaretardos en una empresa del sector

metalmeccánico, Lima.; puesto que la media previa (0.7973) fue menor que en el escenario posterior (0.8762); además, dicha afirmación se verifica a través de la significancia de la prueba T de Student aplicada al tiempo productivo previo y posterior que fue de $0.005 < 0.05$. A nivel nacional, en Llashag (2018) el tiempo útil experimentó un cambio positivo por la aplicación de la ingeniería de métodos, en tanto que se pasó de 59% a 80%. y se concluye que la ingeniería de métodos incrementa de forma significativa el tiempo productivo y se recomienda la inversión en mejoras de procesos, así como la revisión de los tiempos.

En tercer lugar, se sostiene que la ingeniería de métodos incrementa la cantidad producida en la línea de producción de portaretardos en una empresa del sector metalmeccánico, Lima; dado que la media antes (3.57) fue menor que en el escenario posterior (4.89); adicionalmente dicha afirmación se verifica a través de la significancia de la prueba T de Student aplicada al escenario previo y posterior que fue de $0.009 < 0.05$. En el escenario nacional, en Gamarra (2021) la implementación de la ingeniería de métodos logró mejorar la productividad de la mano de obra que se incrementó en 16.35% dado que se pasó de 10.89 a 12.67 millares de ladrillos por operario; adicionalmente, se incrementó de 0.054 a 0.064 millares de ladrillos por horas hombre (16.67%). Asimismo, en Magán (2021) la cantidad producida experimentó un cambio importante puesto que pasó de 3.379 a 4.883 pallets por hora, lo que implica un mejor nivel de servicio en la empresa; el cambio de la productividad fue sometido a la estadística inferencial, en donde se obtuvo un p-valor de $0.000 < 0.05$. Por otro lado, en Llashag (2018) a partir de la aplicación de la ingeniería de métodos se logró un cambio en el empleo del trabajo – hombre de 7.28% a 76.6%.

Finalmente, se ha determinado que la ingeniería de métodos incrementa la productividad en la línea de producción de portaretardos en una empresa del sector metalmeccánico, Lima; en tanto que la media antes (0.7973; 3.57 y 3:10:32) fue inferior que en el escenario posterior (0.876; 4.894 y 2:34:24); además, dicha afirmación se verifica a través de la significancia de la prueba T de Student aplicada al escenario previo y posterior que fue de 0.005 ; 0.004 y $0.009 < 0.05$. Un resultado similar a nivel internacional se muestra en Montoya et al. (2020) dado que en el escenario inicial la productividad, expresada como las piezas producidas sobre las horas hombre, para el caso de un operario fue del 20% y luego de la implementación

de los cambios paso al 40%, gracias a la reducción de la inactividad para utilizar de una forma efectiva el tiempo y los recursos disponibles.

Por otro lado, en Mugmal (2017) se observa la efectividad de la metodología de la ingeniería de métodos por un aumento de la productividad del 12.3 %.; asimismo, en Orejuela (2016) la metodología permite un cambio de 279 a 374 unidades por hora, lo cual influye en el incremento de la productividad en 20%. De forma similar, en Collado y Rivera (2018) se observa un aumento de la productividad por la aplicación de las herramientas de la ingeniería de métodos puesto que se incrementó de 97.49% a 98.2% y se recomienda contar con un sistema de control para el mantenimiento de los cambios.

Con relación a las limitaciones de esta investigación se evidenció en primer lugar que, inicialmente los trabajadores, operarios y personal en general de la línea de producción no recibía la mejora de forma positiva o con facilidad de adoptarla a sus hábitos de trabajo diarios. Se mostró la falencia o escasez de investigaciones enfocadas en el sector metalmeccánico, específicamente en la producción de portaretardos. No obstante, esta investigación brinda un aporte necesario al sector y público interesado. Asimismo, se contó con un presupuesto limitado frente a otras investigaciones (Montoya, et al, 2020), (Mugmal, 2017), (Llashag, 2018), (Gamarra, 2021).

Por último, las implicancias prácticas de está investigación se reflejan en los resultados favorables obtenidos y en concordancia con otros estudios, al resolverse un problema de la realidad empresarial, donde la línea de producción de portaretardos poseía una baja productividad, se esperaba mejorar o incrementar la productividad mediante la aplicación de la metodología de ingeniería de métodos, lo cual fue posible tanto que la situación del escenario previo (0.7973; 3.57 y 3:10:32) fue mejorada en los posterior viéndose estas mejoras en el escenario posterior (0.876; 4.894 y 2:34:24). Respecto a la implicancia teórica, se pudo corroborar o contrastar la vigencia y validez de la ingeniería de métodos desde su aspecto teórico o conceptual en congruencia con las teorías propuestos (Palacios, 2016) y otros estudios (Montoya et al.,2020), (Supe, 2019), (Takakuwa, Yang y Nagatsuka, 2018).

5.2. Conclusiones

En primer lugar, se concluye que mediante la ingeniería de métodos se reduce el tiempo estándar en la línea de producción de portaretardos en una empresa del sector metalmeccánico, Lima; dado que en el escenario previo se obtuvo una media previa (3:10:32) mayor que en el escenario posterior (2:34:24); adicionalmente dicha afirmación se verifica a través de la significancia de la prueba T de Student aplicada al tiempo estándar previo y posterior que fue de $0.004 < 0.05$. Estos resultados son coherentes con los presentados en otras investigaciones (Montoya et al.,2020), (Supe, 2019), (Takakuwa, Yang y Nagatsuka, 2018).

En segundo lugar, se concluye que mediante la ingeniería de métodos se incrementa el tiempo productivo en la línea de producción de portaretardos en una empresa del sector metalmeccánico, Lima.; puesto que la media previa (0.7973) fue menor que en el escenario posterior (0.8762); además, dicha afirmación se verifica a través de la significancia de la prueba T de Student aplicada al tiempo productivo previo y posterior que fue de $0.005 < 0.05$. Los hallazgos son congruentes con los proporcionados por otras investigaciones (Llashag, 2018), (Gamarra, 2021).

En tercer lugar, se concluye que mediante la ingeniería de métodos se incrementa la cantidad producida en la línea de producción de portaretardos en una empresa del sector metalmeccánico, Lima; dado que la media antes (3.57) fue menor que en el escenario posterior (4.89); adicionalmente dicha afirmación se verifica a través de la significancia de la prueba T de Student aplicada al escenario previo y posterior que fue de $0.009 < 0.05$. De similar forma, los resultados obtenidos son coherentes con otras investigaciones (Mugmal, 2017), Orejuela (2016) y (Collado y Rivera, 2018).

Finalmente, se concluye que la ingeniería de métodos se incrementa la productividad en la línea de producción de portaretardos en una empresa del sector metalmeccánico, Lima; en tanto que la media antes (0.7973; 3.57 y 3:10:32) fue inferior que en el escenario posterior (0.876; 4.894 y 2:34:24); además, dicha afirmación se verifica a través de la significancia de la prueba T de Student aplicada al escenario previo y posterior que fue de 0.005; 0.004 y

$0.009 < 0.05$. Estos resultados son coherentes con los presentados en otras investigaciones (Montoya, et al, 2020), (Mugmal, 2017).

5.3. Recomendaciones

En primer lugar, se recomienda continuar con el sistema de inspecciones para reducir aún más el tiempo estándar de las operaciones de fabricación, en tanto que los cambios deben mantenerse a lo largo del tiempo y así impactar en la productividad total de la compañía.

En segundo lugar, se recomienda efectuar un seguimiento de las políticas de salud y seguridad en el trabajo con el uso adecuado de los elementos de protección personal a fin de cuidar el bienestar de los colaboradores; las operaciones de fabricación requieren el uso de maquinaria de alto riesgo; de esta manera se podría eliminar algunos elementos innecesarios y desperdicios para incrementar el tiempo productivo.

En tercer lugar, se recomienda la búsqueda de nuevos proveedores de materiales e insumos a fin de elevar la calidad del producto final y a su vez el trabajo con mejores elementos puede incrementar la cantidad producida y una menor cantidad de mermas.

Finalmente, se recomienda implementar la ingeniería de métodos a la fabricación de otro tipo de productos que presenten deficiencias o retrasos, dado que se ha evidenciado el impacto positivo que trae el uso de la metodología en la sección.

REFERENCIAS

- Aguila, I. (2019). *Ingeniería de requisitos: Material didáctico. Cuaderno de teoría*. Almería, España: Editorial de la Universidad de Almería.
- Baena, G. (2016). *Metodología de la Investigación*. Ciudad de México: Grupo Editorial Patria.
- Buzon, J. (2019). *Operaciones y procesos de producción*. Madrid, España: Editorial ELEARNING.
- Collado, M., & Rivera, J. (2018). *Mejora de la productividad mediante la aplicación de las herramientas de la ingeniería de métodos en un taller mecánico automotriz*. Lima, Perú: Universidad San Ignacio de Loyola.
- Cosme, J. (2020). *Gestión y planificación del tiempo. ADGD207PO*. Malagá, España: Editorial Elearning.
- Díaz, B., & Noriega, M. (2018). *Manual para el diseño de instalaciones manufactureras y de servicios*. Lima, Perú: Universidad de Lima Editorial.
- Domínguez, G. (2016). *Didáctica y aplicación de la administración de operaciones*. Ciudad de México: Instituto Mexicano de Contadores Públicos.
- Gamarra, O. (2021). *Aplicación de la ingeniería de métodos para mejorar la productividad en la línea de producción en la empresa Ladrillos Fortes S.A.C – Callanca*. Pimentel, Perú: Universidad Señor de Sipán.
- Gonzales, O., & Arcienagas, J. (2016). *Sistema de gestión de calidad: Teoría y práctica bajo la norma ISO 2015*. Bogotá, Colombia: ECOE Ediciones.
- Hernández, R., & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. Mexico: Mc Graw Hill.
- Herrera, M., & Arias, C. (2021). Flexible Manufacturing Systems: A Methods Engineering and Operations Management Approach. *International Conference on Intelligent Human Systems Integration Vol 1322*, 760-765; https://doi.org/10.1007/978-3-030-68017-6_113.
- Hinojosa, J. (2017). *El arte de hacer una tesis*. Lima, Perú: José Adolfo Hinojosa Pérez.
- Izar, J. (2016). *Contabilidad administrativa*. Ciudad de México: Instituto Mexicano de Contadores Públicos.
- Kanawaty, G. (2001). *Introducción al estudio del trabajo*. Ginebra, Suiza: Oficina Internacional del Trabajo.

- Kiran, D. (2020). *Work Organization and Methods Engineering for Productivity*. Oxford, Reino Unido: BSP Books Pvt. Ltda.
- Llashag, C. (2018). *Aplicación de la Ingeniería de Métodos para incrementar la productividad en el área de producción de la empresa RS Forte Plast S.A.C., Puente Piedra, 2018*. Lima, Perú: Universidad César Vallejo.
- Machado, C., Lorente, L., & Mugmal, J. (2019). Work Organization through Methods Engineering and Time Study to Increase Productivity in a Floriculture Company: A Case Study. *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Managent Bangkok, Thailand, 1956-1963*.
- Magan, J. (2021). *Diseño de ingeniería de métodos para incrementar la productividad en el departamento de reposición en la empresa SODIMAC HOMECENTER, Trujillo Mall -2017*. Trujillo, Perú: Universidad Privada Antenor Orrego.
- Mariátegui, M., & Tapia, A. (2020). *Propuesta de mejora basada en la ingeniería de métodos para incrementar la productividad en la fabricación de husillos de cobre en la empresa TAMEFISA*. Lima: Universidad Privada del Norte.
- Martín, M., & Díaz, E. (2016). *Fundamentos de dirección de operaciones en empresas de servicios*. Madrid, España: ESIC Editorial.
- Ministerio de Economía y Finanzas. (2018). *Politica Nacional de Competitividad y Productividad*. Lima, Perú: Normas Legales - Diario Oficial El Peruano.
- Montoya, M., González, A., Mendoza, I., Gil, M., & Ling, J. (2020). Method Engineering to Increase Labor Productivity and Eliminate Downtime. *Journal of Industrial Engineering and Management* 13 (2), 321-331.
- Mugmal, J. (2017). *Organización del trabajo a traves de la ingeniería de métodos y estudio de tiempos para incrementar la productividad en el área de post-cosecha de la empresa floricola Lottus Flowers*. Ibarra, Ecuador: Universidad Técnica del Norte.
- Ñaupas, H., Valdivia, M., Palacios, J., & Romero, E. (2018). *Metodología de la investigación cuantitativa - cualitativa y redacción de tesis*. Bogotá, Colombia : Ediciones de la U.
- Orejuela, M. (2016). *Diseño e implementación de un programa de ingeniería de métodos, basado en la medición del trabajo y productividad en el área de producción de la empresa Servicios Industriales Metalmeccánicos Orejuela SEIMCO, durante el año 2015*. Quito, Ecuador: Escuela Politecnica Nacional.

- Palacios, L. (2016). *Ingeniería de métodos: Movimientos y tiempos*. Bogotá, Colombia: ECOE Ediciones.
- Prashant, M., & Shukla, H. (2017). Optimization of user Interface Layout using Methods Engineering Approach. *International Conference on Energy, Communication, Data Analytics and Soft Computing (ICECDS)*, 927 - 930; DOI: 10.1109/ICECDS.2017.8389571.
- Prieto, J., & Therán, I. (2018). *Administración: Teorías, autores, fases y reflexiones*. Bogotá, Colombia: Ediciones de la U.
- Ramirez, R. (2017). *Gestión de proyectos de instalaciones de telecomunicaciones*. Madrid, España: Ediciones Paraninfo.
- Renzi, C., Leali, F., & Di Angelo, L. (2017). A review on decision-making methods in engineering design for the automotive industry. *Journal of Engineering Design* 28 (2), 118-143; <https://doi.org/10.1080/09544828.2016.1274720>.
- Rojas, M. (2017). *Ingeniería Administrativa: Contabilidad y finanzas, marketing, producción y gestión del talento humano*. Bogotá, Colombia: Ediciones de la U.
- Saavedra, J., Córdor, J., Echegaray, C., Huamán, J., Pacheco, S., Valenzuela, K., . . . Gutiérrez, J. (2019). Simulación del ensamblaje de botonera para mejora del método con Risk Simulator en laboratorio de Ingeniería Industrial. Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión. Huacho, 2017. *Revista Científica EPigmalión 1 (1)*, 62-74.
- Saldarriaga, D. (2019). *Almacenes y centros de distribución. Manual para optimizar procesos y operaciones*. Barcelona, España: Marge Books.
- Silvestre, I., & Huamán, C. (2019). *Pasos para elaborar la investigación y redacción de la tesis universitaria*. Lima, Perú: Editorial San Marcos.
- Socconini, L. (2019). *Lean Manufacturing: paso a paso*. Barcelona: Marge Books.
- Supe, E. (2019). *Estudio de los tiempos y movimientos y su incidencia en la productividad en la fabricación de tapas de alcantarillado de la empresa FUNDI LASER en la ciudad de Ambato en el año 2018*. Ambato, Ecuador: Universidad Tecnológica Indoamérica.
- Takakuwa, S., Yang, W., & Nagatsuka, H. (2018). Learning the procedure on takt producton of TPS by methods engineering and simulation. *International Journal Simulation Model* 17 (2), 633-642.

Valderrama, S. (2019). *Pasos para Elaborar Proyectos de investigación Científica*. Lima: Editorial San Marcos.

Valdivieso, B., Meza, H., & Gutierrez, E. (2019). Aplicación de la mejora de métodos de trabajo para incrementar la productividad en la producción del filete de anchoas. *INGnosis Vol 5 N° 2*, 113-125.

Vides, E., Díaz, L., & Gutiérrez, J. (2018). Análisis metodológico para la realización de estudios de métodos y tiempos. *Investigación y Desarrollo en TIC 8 (1)*, 3-10.

ANEXOS

Anexo 1 Matriz de consistencia.....	136
Anexo 2 Instrumentos de recolección de datos	137
Anexo 3 Diagrama de Gantt	143
Anexo 4 Formato de control de capacitaciones.....	144
Anexo 5 Hoja de capacitación	145
Anexo 6 Formatos de auditoria	146
Anexo 7 Estudio de suplementos iniciales	147
Anexo 8 Diagrama Bimanual	149
Anexo 9 Diagrama de actividades Múltiples.....	150
Anexo 10 Diagrama de Actividades Simultaneas	151
Anexo 11 Diagrama de hombre – máquina	152
Anexo 12 Diagrama de Operación Inicial	153
Anexo 13 Diagrama de análisis del proceso inicial.....	155
Anexo 14 Cronograma de controles	157
Anexo 15 Flujograma de recepción de pedido del cliente.....	158
Anexo 16 Encuesta	159
Anexo 17 Encuesta.....	160

Anexo 1 Matriz de consistencia

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLE	DIMENSION	METODOLOGÍA
¿En qué medida se incrementa la productividad de la línea de producción de portaretardos mediante la ingeniería de métodos en una empresa del sector metalmeccánico, Lima?	Determinar en qué medida se incrementa la productividad de la línea de producción de portaretardos mediante la ingeniería de métodos en una empresa del sector metalmeccánico, Lima.	Mediante la ingeniería de métodos se incrementa la productividad en la línea de producción de portaretardos en una empresa del sector metalmeccánico, Lima.	VARIABLE INDEPENDIENTE: INGENIERIA DE METODOS	ESTUDIO DE TIEMPOS	*Diseño de investigación: -Diseño experimental *tipo de investigación: -Tipo aplicada. -Enfoque cuantitativo. -Nivel explicativo. -De corte longitudinal.
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS		ESTUDIO DE SUPLEMENTOS	
•¿En qué medida se reduce el tiempo estándar mediante la ingeniería de métodos en la línea de producción de portaretardos en una empresa del sector metalmeccánico, Lima?	•Determinar en qué medida se reduce el tiempo estándar mediante la ingeniería de métodos en la línea de producción de portaretardos en una empresa del sector metalmeccánico, Lima.	•Mediante la ingeniería de métodos se reduce el tiempo estándar en la línea de producción de portaretardos en una empresa del sector metalmeccánico, Lima.	VARIABLE DEPENDIENTE: PRODUCTIVIDAD	TIEMPO ESTANDAR	
•¿En qué medida se incrementa el tiempo productivo mediante la ingeniería de métodos en la línea de producción de portaretardos en una empresa del sector metalmeccánico, Lima?	•Determinar en qué medida se incrementa el tiempo productivo mediante la ingeniería de métodos en la línea de producción de portaretardos en una empresa del sector metalmeccánico, Lima.	•Mediante la ingeniería de métodos se incrementa el tiempo productivo en la línea de producción de portaretardos en una empresa del sector metalmeccánico, Lima.		TIEMPO UTIL	
•¿En qué medida se incrementa la cantidad producida mediante la ingeniería de métodos en la línea de producción de portaretardos en una empresa del sector metalmeccánico, Lima?	•Determinar en qué medida se incrementa la cantidad producida mediante la ingeniería de métodos en la línea de producción de portaretardos en una empresa del sector metalmeccánico, Lima.	•Mediante la ingeniería de métodos se incrementa la cantidad producida en la línea de producción de portaretardos en una empresa del sector metalmeccánico, Lima.		PRODUCTIVIDAD DE MANO DE OBRA	

Elaboración Propia

Anexo 2 Instrumentos de recolección de datos

Ficha de recolección de datos del estudio de tiempos				
Área		Hoja		
Operación		Termino		
		Final		
		Tiempo transcurrido		
		Operario		
Producto		Ficha numero		
		Observado por		
		Fecha		
N°	Descripción de actividad	TAAV	TT	OBS
1	Actividad 1			
2	Actividad 2			
3	Actividad 3			
4	Actividad 4			
5	Actividad 5			
6	Actividad 6			
7	Actividad 7			
8	Actividad 8			
9	Actividad 9			
10	Actividad 10			
11	Actividad 11			
12	Actividad 12			
13	Actividad 13			
14	Actividad 14			
15	Actividad 15			
		Total TAAV		
		Tiempo total (TT)		
		%ET		
Nota: TAAV= Tiempo de actividades que agregan valor; TT=Tiempo total; %ET=Estudio de tiempos				

Ficha de recolección de datos del estudio de movimientos				
Área		Hoja		
Operación		Termino		
		Final		
		Tiempo transcurrido		
		Operario		
Producto		Ficha numero		
		Observado por		
		Fecha		
N°	Descripción de actividad	MAV	MVT	OBS
1	Actividad 1			
2	Actividad 2			
3	Actividad 3			
4	Actividad 4			
5	Actividad 5			
6	Actividad 6			
7	Actividad 7			
8	Actividad 8			
9	Actividad 9			
10	Actividad 10			
11	Actividad 11			
12	Actividad 12			
13	Actividad 13			
14	Actividad 14			
15	Actividad 15			
		Total MAV		
		Movimientos totales (MVT)		
		%EM		
Nota: MAV=Movimientos que agregan valor, MVT=Movimientos totales; %EM= Estudio de movimientos				

Ficha de recolección de datos de tiempo estándar				
Área:			Hoja	
Operación			Termino	
			Final	
			Tiempo transcurrido	
			Operario	
Producto			Ficha numero	
			Observado por	
			Fecha	
N°	Descripción de actividad	TN	Tsup	TS
1	Actividad 1			
2	Actividad 2			
3	Actividad 3			
4	Actividad 4			
5	Actividad 5			
6	Actividad 6			
7	Actividad 7			
8	Actividad 8			
9	Actividad 9			
10	Actividad 10			
11	Actividad 11			
12	Actividad 12			
13	Actividad 13			
14	Actividad 14			
15	Actividad 15			
			TOTAL	
Nota: TN= Tiempo normal Tsup= Tiempo de suplementos TS=Tiempo estándar				

Ficha de recolección de datos de tiempo útil				
Área			Hoja	
Operación			Termino	
			Final	
			Tiempo transcurrido	
			Operario	
Producto			Ficha numero	
			Observado por	
			Fecha	
N°	Descripción	TN	Tsup.	TS
1	Actividad que agrega valor 1			
2	Actividad que agrega valor 2			
3	Actividad que agrega valor 3			
4	Actividad que agrega valor 4			
5	Actividad que agrega valor 5			
6	Actividad que agrega valor 6			
7	Actividad que agrega valor 7			
8	Actividad que agrega valor 8			
9	Actividad que agrega valor 9			
10	Actividad que agrega valor 10			
Tiempo estándar de Actividades que agregan valor				
Tiempo estándar del total de actividades				
% Tiempo útil				
Nota: TN= Tiempo normal Tsup= Tiempo de suplementos TS=Tiempo estándar				

Ficha de recolección de datos de Productividad de Mano de Obra				
Área		Hoja		
Operación		Termino		
		Final		
		Tiempo transcurrido		
		Operario		
Producto		Ficha numero		
		Observado por		
		Fecha		
N°	Descripción	TN	Tsup	TS
1	Actividad con empleo de mano de obra 1			
2	Actividad con empleo de mano de obra 2			
3	Actividad con empleo de mano de obra 3			
4	Actividad con empleo de mano de obra 4			
5	Actividad con empleo de mano de obra 5			
6	Actividad con empleo de mano de obra 6			
7	Actividad con empleo de mano de obra 7			
8	Actividad con empleo de mano de obra 8			
9	Actividad con empleo de mano de obra 9			
10	Actividad con empleo de mano de obra 10			
Tiempo estándar de actividades con mano de obra				
Tiempo de jornada laboral				08:00:00
Productividad de mano de obra				
Nota: TN= Tiempo normal Tsup= Tiempo de suplementos TS=Tiempo estándar				

Estudio de tiempo en máquina								
Tipo de equipo				Preparado por:				
Producto				Fecha:				
Operación				Duración:				
Sec. Num.	Descripción del movimiento	Maquina		Mano izquierda		Mano derecha		Carga
		Simb	tmu	Simb	tmu	Simb	tmu	
Observaciones	Total tmu	Maq		M.I		M.D.		
				Minutos básicos				
				Total minutos básicos				
				Suplementos (%)				
				Minutos tipo				

Anexo 3 Diagrama de Gantt

Fase	Actividad	M1				M2				M3				M4				M5				M6							
		S1	S2	S3	S4																								
Gestión del área de trabajo	Limpieza del taller	■				■				■				■				■				■				■			
	Orden en el taller		■				■				■				■				■				■				■		
	Rotulado del área		■	■	■																								
	Disposición de máquinas		■	■	■																								
Programa de capacitación de trabajadores	Procedimiento operacional	■					■					■					■				■				■				■
	Sistema de producción		■					■				■				■				■				■				■	
	Factores de productividad			■				■				■				■				■				■				■	
	Estudio de tiempos				■				■				■				■				■				■				■
	Ingeniería de métodos				■				■				■				■				■				■				■
	Repaso de todos los temas				■				■				■				■				■				■				■
Estudio de tiempos	Diagrama de análisis del proceso			■	■	■	■																						
	Diagrama de operaciones del proceso			■	■	■	■																						
	Análisis del tiempo normal					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	Análisis de suplementos					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	Análisis del tiempo estándar					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Sistema de controles	Diseño de formatos de inspecciones de trabajo													■	■	■	■												
	Control de tiempos													■	■	■	■	■	■	■	■								
	Programa de auditorias													■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■				
	Mejora continua																					■	■	■	■				

Anexo 4 Formato de control de capacitaciones

Formato de control de capacitaciones					
Nombre					
Fecha					
	Puntaje				
Evaluación del contenido	1	2	3	4	5
Los objetivos de la capacitación se explicaron al inicio de la sesión y se cumplieron al finalizar.					
El contenido de la sesión está basado en los objetivos propuestos.					
El contenido de la capacitación ha sido abordado con la profundidad adecuada para su comprensión.					
Evaluación de la metodología					
La estructura de la capacitación permite comprender el contenido teórico y práctico.					
La sesión se ha realizado en un tiempo adecuado y práctico según los objetivos planteados.					
El material utilizado ha sido de utilidad, brindando información clara y basada en los objetivos planteados.					
Evaluación de utilidad y aplicabilidad					
La capacitación le ha brindado conocimientos conforme a sus expectativas					
Considera que los conocimientos brindados son de utilidad al campo laboral y/o personal como instrumento de mejora.					
La sesión le brindo los conocimientos según los objetivos planteados.					
Evaluación del capacitador					
El capacitador maneja el tema permitiendo un fácil aprendizaje para los trabajadores.					
El contenido ha sido expuesto claramente y se han resuelto las preguntas realizadas por los trabajadores.					
El capacitador ha realizado la exposición de los temas de manera amable y promoviendo la participación.					
Total					

Anexo 5 Hoja de capacitación

HOJA DE CAPACITACIÓN: ESTUDIO DE TIEMPOS

NOMBRE DE LA CAPACITACIÓN

Introducción a la ingeniería de métodos y estudio de tiempos

OBJETIVOS GENERALES

Objetivo General 1: Producir mediante la entrega de un servicio de calidad, ágil al precio correcto y utilizando la mínima cantidad de materiales, equipos, espacio, trabajo y tiempo.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Objetivo Específico 1:	Personal preparado para entender la necesidad de un cambio cultural.
Objetivo Específico 2:	Personal capaz de determinar los principios.
Objetivo Específico 3:	Determinación de las actividades que no agregan valor al servicio.

CONTENIDO TEMÁTICO

Audiencia	Tema	Contenido
Todo el personal	Filosofía de productividad	* Factores críticos de éxito
		* Determinación de agentes de cambio
		* Administración de equipos de trabajo
		* Mejora continua de equipos de trabajo
		* Uso de herramientas para la implementación
		* Explicar la Hoja de ruta establecida
		* Beneficios de la aplicación del modelo
* Retroalimentación y mejora continua		

La Administración

Anexo 6 Formatos de auditoria

Área:	Producción	Auditado por:	
Fecha:	__/__/2021	Héctor y Reynaldo	
Formato de Auditoria de orden en el área			
Short	Eliminar lo innecesario	Si	No
	Accesorios y herramientas en el área		
	Manual obsoleto en exceso ha sido reparado o eliminado		
	Etiquetas rojas en el área son correctamente utilizadas		
	No se encuentran artículos innecesarios en el área de trabajo		
Straighten	Organizar el área	Si	No
	Equipos e insumos bien ubicados		
	Ubicaciones claramente identificadas		
	El material defectuoso está bien etiquetado		
	Comunicación visual establecida		
Scrub	Limpiar y resolver	Si	No
	Pisos y superficie de trabajo limpia		
	Desperdicios y basura reciclable en su lugar		
	Ambiente de trabajo bueno		
	Pocos problemas, puntuales y fácil de resolver		
Safety	Identificar y resolver riesgos	Si	No
	Hojas con datos de seguridad de los materiales		
	Extintores y elementos de seguridad funcionando		
	Entrenamiento en labores RCP		
	Pocas condiciones de inseguridad fácil del resolver		
Standardize	Quien realiza las actividades	Si	No
	El trabajo estándar esta publicado		
	Procedimientos para la limpieza y seguridad publicados		
	Correcto control de documentación		
	Reuniones semanales		
Sustain	Autodisciplina	Si	No
	La publicación del trabajo es seguida		
	Los procedimientos se cumplen		
	Las mediciones publicadas son actuales		
	Tableros de información bien utilizados		
	Área de trabajo limpia y bien cuidada		

Anexo 7 Estudio de suplementos iniciales

Producto: Portaretardos		Suplementos																											
Operación: Fabricación		Tensión física								Tensión mental								Condiciones de trabajo								Total de puntos	Total suplemento (%)		
Condiciones de trabajo: Regular		Fuerza media		Postura		Vibraciones		Ciclo		Concentración		Monotonía		Tensión visual		Ruido		Temperatura		Ventilación		Polvo		Suciedad					
N°	Descripción de elemento	Tensión	Puntos	Tensión	Puntos	Tensión	Puntos	Tensión	Puntos	Tensión	Puntos	Tensión	Puntos	Tensión	Puntos	Tensión	Puntos	Tensión	Puntos	Tensión	Puntos	Tensión	Puntos	Tensión	Puntos	Tensión	Puntos		
A1	Transportar material a zona corte por plasma	M	1	M	1	M	1	M	1	B	0.5	B	0.5	M	1	M	1	B	0.5	B	0.5	M	1	M	1	M	1	10	1.00%
A2	Cortar placas de aluminio 5/8" y 6 mm de espesor a 80 x 315 mm de longitud	A	2	A	2	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	9	0.90%
A3	Transportar placas al area de fresadoras	M	1	M	1	B	0.5	M	1	B	0.5	B	0.5	M	1	B	0.5	M	1	M	1	B	0.5	M	1	M	1	9.5	0.95%
A4	Fresar placas de 5/8" de espesor a 14mm x 75 mm de ancho	A	2	A	2	A	2	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	10.5	1.05%
A5	Fresar placas de 6 mm a 75mm de ancho	A	2	B	0.5	B	0.5	B	0.5	M	1	M	1	M	1	M	1	M	1	M	1	M	1	M	1	M	1	11.5	1.15%
A6	Transportar placas de aluminio al area de CNC	M	1	M	1	A	2	M	1	B	0.5	M	1	B	0.5	M	1	B	0.5	B	0.5	A	2	M	1	M	1	12	1.20%
A7	Mecanizado de agujeros diametro 6.8 placas de 14 mm y 6 mm	B	0.5	B	0.5	A	2	B	0.5	M	1	M	1	B	0.5	M	1	B	0.5	B	0.5	B	0.5	M	1	M	1	9.5	0.95%
A8	Inpección de mecanizado	M	1	M	1	B	0.5	M	1	A	2	B	0.5	A	2	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	10.5	1.05%
A9	Transportar placas de 6mm al area de convencionales	A	2	A	2	B	0.5	B	0.5	M	1	B	0.5	B	0.5	A	2	M	1	B	0.5	A	2	M	1	M	1	13.5	1.35%
A10	Roscado M4 y lijado placa de 6mm	M	1	M	1	M	1	M	1	M	1	B	0.5	M	1	B	0.5	M	1	M	1	M	1	A	2	M	1	12	1.20%
A11	Colocar oring a placas de 6mm y ensamblar placas	A	2	M	1	B	0.5	M	1	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	8.5	0.85%
A12	Transportar al area de control de calidad	M	1	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	A	2	M	1	8	0.80%
A13	Inspeccionar control de calidad	M	1	M	1	M	1	M	1	M	1	B	0.5	M	1	B	0.5	M	1	M	1	M	1	A	2	M	1	12	1.20%
A14	Embalar portaretardo	M	1	M	1	M	1	M	1	M	1	B	0.5	M	1	B	0.5	M	1	M	1	M	1	A	2	M	1	12	1.20%
A15	Almacenamiento de producto terminado	M	1	M	1	M	1	M	1	M	1	B	0.5	M	1	B	0.5	M	1	M	1	M	1	A	2	M	1	12	1.20%
																												16.05%	

Grado de tensión: A= Alto (2 puntos), M=Medio (1 punto), B=Bajo (0.5 puntos)

Estudio de suplementos finales

Producto: Portaretardos		Suplementos																											
Operación: Fabricación		Tensión física								Tensión mental								Condiciones de trabajo										Total de puntos	Total suplemento (%)
Condiciones de trabajo: Buena		Fuerza media		Postura		Vibraciones		Ciclo		Concentración		Monotonía		Tensión visual		Ruido		Temperatura		Ventilación		Polvo		Suciedad					
El. Núm.	Descripción de elemento	Tensión	Puntos	Tensión	Puntos	Tensión	Puntos	Tensión	Puntos	Tensión	Puntos	Tensión	Puntos	Tensión	Puntos	Tensión	Puntos	Tensión	Puntos	Tensión	Puntos	Tensión	Puntos	Tensión	Puntos	Tensión	Puntos		
A1	Transportar material a zona corte por plasma	M	1	M	1	M	1	M	1	B	0.5	B	0.5	M	1	B	0.5	B	0.5	B	0.5	M	1	M	1	M	1	9.5	0.95%
A2	Cortar placas de aluminio 5/8" y 6 mm de espesor a 80 x 315 mm de longitud	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	6	0.60%
A3	Transportar placas al area de fresadoras convencionales	M	1	M	1	B	0.5	M	1	B	0.5	B	0.5	M	1	B	0.5	M	1	M	1	B	0.5	B	0.5	B	0.5	9	0.90%
A4	Fresar placas de 5/8" de espesor a 14mm x 75 mm de ancho	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	6	0.60%
A5	Fresar placas de 6 mm a 75mm de ancho	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	M	1	M	1	M	1	M	1	M	1	M	1	M	1	M	1	M	1	10	1.00%
A6	Transportar placas de aluminio al area de CNC	M	1	M	1	A	2	M	1	B	0.5	M	1	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	A	2	B	0.5	B	0.5	11	1.10%
A7	Mecanizado de agujeros diametro 6.8 placas de 14 mm y 6 mm	B	0.5	B	0.5	A	2	B	0.5	M	1	M	1	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	8.5	0.85%
A8	Transportar placas de 6mm al area de convencionales	M	1	M	1	B	0.5	M	1	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	7.5	0.75%
A9	Roscado M4 y lijado placa de 6mm	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	M	1	B	0.5	B	0.5	M	1	M	1	B	0.5	A	2	M	1	M	1	9.5	0.95%
A10	Colocar oring a placas de 6mm y ensamblar placas	M	1	M	1	M	1	M	1	M	1	B	0.5	M	1	B	0.5	M	1	M	1	M	1	A	2	M	1	12	1.20%
A11	Transportar al area de control de calidad	M	1	M	1	B	0.5	M	1	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	7.5	0.75%
A12	Inspeccionar y embalar portaretardo	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	B	0.5	A	2	M	1	7.5	0.75%
A13	Almacenamiento de producto terminado	A	2	A	2	B	0.5	A	2	B	0.5	M	1	M	1	M	1	M	1	B	0.5	B	0.5	M	1	M	1	13	1.30%
																												11.70%	

Grado de tensión: A= Alto (2 puntos), M=Medio (1 punto), B=Bajo (0.5 puntos)

Diagrama BIMANUAL									
								Fecha: ___/___/2021	
								Hoja Nro. _____ de _____	
Actividad: Producción de portaretardos	RESUMEN								
	Actividad	Inicial		Propuesta		Economía			
		IZQ	DER	IZQ	DER	IZQ	DER	IZQ	DER
Area: Taller	OPERACIÓN	○	7	7	6	6	1	1	
Operario: Hector y Reynaldo	MOVIMIENTO	⇨	5	5	5	5	-	-	
Método: <input type="checkbox"/> Propuesta	SOSTENIMIENTO	▽	1	1	1	1	-	-	
	INSPECCIÓN	□	2	2	1	1	1	1	
Elaborado: Hector y Reysol	Tiempo		02:40:24		01:59:50		00:40:34		
Mano Izquierda					Mano Derecha				
Descripción de la Actividad	Símbolo	Símbolo	Descripción de la Actividad						
Transportar material a zona corte por plasma	○⇨▽□	○⇨▽□	Transportar material a zona corte por plasma						
Cortar placas de aluminio 5/8" y 6 mm de espesor a 80 x 315 mm de longitud	○⇨▽□	○⇨▽□	Cortar placas de aluminio 5/8" y 6 mm de espesor a 80 x 315 mm de longitud						
Transportar placas al area de fresadoras convencionales	○⇨▽□	○⇨▽□	Transportar placas al area de fresadoras convencionales						
Fresar placas de 5/8" de espesor a 14mm x 75 mm de ancho	○⇨▽□	○⇨▽□	Fresar placas de 5/8" de espesor a 14mm x 75 mm de ancho						
Fresar placas de 6 mm a 75mm de ancho	○⇨▽□	○⇨▽□	Fresar placas de 6 mm a 75mm de ancho						
Transportar placas de aluminio al area de CNC	○⇨▽□	○⇨▽□	Transportar placas de aluminio al area de CNC						
Mecanizado de agujeros diametro 6.8 placas de 14 mm y 6 mm	○⇨▽□	○⇨▽□	Mecanizado de agujeros diametro 6.8 placas de 14 mm y 6 mm						
Transportar placas de 6mm al area de convencionales	○⇨▽□	○⇨▽□	Transportar placas de 6mm al area de convencionales						
Roscado M4 y lijado placa de 6mm	○⇨▽□	○⇨▽□	Roscado M4 y lijado placa de 6mm						
Colocar oring a placas de 6mm y ensamblar placas	○⇨▽□	○⇨▽□	Colocar oring a placas de 6mm y ensamblar placas						
Transportar al area de control de calidad	○⇨▽□	○⇨▽□	Transportar al area de control de calidad						
Inspeccionar y embalar portaretardo	○⇨▽□	○⇨▽□	Inspeccionar y embalar portaretardo						
Almacenamiento de producto terminado	○⇨▽□	○⇨▽□	Almacenamiento de producto terminado						

Anexo 8 Diagrama Bimanual

Anexo 9 Diagrama de actividades Múltiples

Diagrama de actividades múltiples						
Diagrama N° 00174		Resumen				
		Actual	Propuesto	Economía		
Proceso: Portaretardos		Tiempo de ciclo			01:59:50	
Maquina: AMDQI-2311		Tiempo de trabajo				
		Hombre			00:29:05	
		Máquina			01:30:45	
Operario: Héctor y Reynaldo		Utilización				
		Hombre			24.27%	
		Máquina			75.73%	
TOTAL ACUMULADO		HOMBRE	HORAS	MAQUINA		
O1	00:00:45	Transportar	00:00:45			
O2	00:11:00		00:10:15	Cortar		
O3	00:11:50	Transportar	00:00:50			
O4	00:33:50		00:22:00	Fresar placa de 5/8"		
O5	00:47:00		00:13:10	Fresar placa de 6mm		
O6	00:47:55	Transportar	00:00:55			
O7	01:33:15		00:45:20	Mecanizado de placas 14 y 6 mm		
O8	01:34:12	Transportar	00:00:57			
O9	01:40:57	Roscado	00:06:45			
O10	01:51:20	Oring y ensamble	00:10:23			
O11	01:52:10	Transportar	00:00:50			
O12	01:58:20	Inspeccionar	00:06:10			
O13	01:59:50	Almacenamiento	00:01:30			

Anexo 10 Diagrama de Actividades Simultaneas

Diagrama de actividades simultaneas					
Diagrama N° 00174		Resumen			
Proceso: Portaretardos		Tiempo de ciclo		Propuesto	
				01:59:50	
Maquina: AMDQI-2311		Tiempo de trabajo			
		Hombre		00:29:05	
		Máquina		01:30:45	
Operario: Hector y Reynaldo		Utilización			
		Hombre		24.27%	
		Máquina		75.73%	
Actividades total	Tiempo en Minutos	Indicativo	Actividades del operario	Indicativo	Actividades en máquina
O1			Transportar material a zona corte por plasma		
O2	10				Cortar placas de aluminio 5/8" y 6 mm de espesor a 80 x 315 mm de longitud
O3	20		Transportar placas al area de fresadoras convensionales		
O4	30				Fresar placas de 5/8" de espesor a 14mm x 75 mm de ancho
O5	40				Fresar placas de 6 mm a 75mm de ancho
O6	50		Transportar placas de aluminio al area de CNC		
O7	60				Mecanizado de agujeros diametro 6.8 placas de 14 mm y 6 mm
O8	70				
O9	80		Transportar placas de 6mm al area de convencionales		
O10	9.0		Roscado M4 y lijado placa de 6mm		
O11	100		Colocar oring a placas de 6mm y ensamblar placas		
O12	110		Transportar al area de control de calidad		
O13	120		Inspeccionar y embalar portaretardo		
			Almacenamiento de producto terminado		

Anexo 11 Diagrama de hombre – máquina

DIAGRAMA HOMBRE - MAQUINA			
Hoja N° __1__ De: _1_ Diagrama N°: _01_		Proceso: Cortar, roscar, fresar, mecanizar	
Fecha: Agosto - 2020 El estudio Inicia: Montaje maq. 1	Elaborado por: Operario:	Maquina 1: TE-0025 Maquina 2: TE-0028	Maquina 3: Maquina 4:

Operario			Maquina 1		Maquina 2		Maquina 3		Maquina 4						
Tiem.	Carga	Actividad	Carga	Actividad	Carga	Actividad	Carga	Actividad	Carga	Actividad					
5	15	Preparación Montaje Maquina 1	15	Inactividad	30	Inactividad									
10															
15															
20	15	Preparación Montaje Maquina 2	40	Operación maquina			40	Operación maquina							
25															
30															
35	40	Inactividad			15	Inactividad			40	Operación maquina					
40															
45															
50															
55															
60															
65															
70															

Resumen y Análisis de la información					
Tipo	Tiempo del Ciclo Seg.	Tiempo de Acción Seg.	Tiempo de Inactividad Seg.	% de Utilización	% de Utilización Optima
Operario					
TE-0025					
TE-0028					

Anexo 12 Diagrama de Operación Inicial

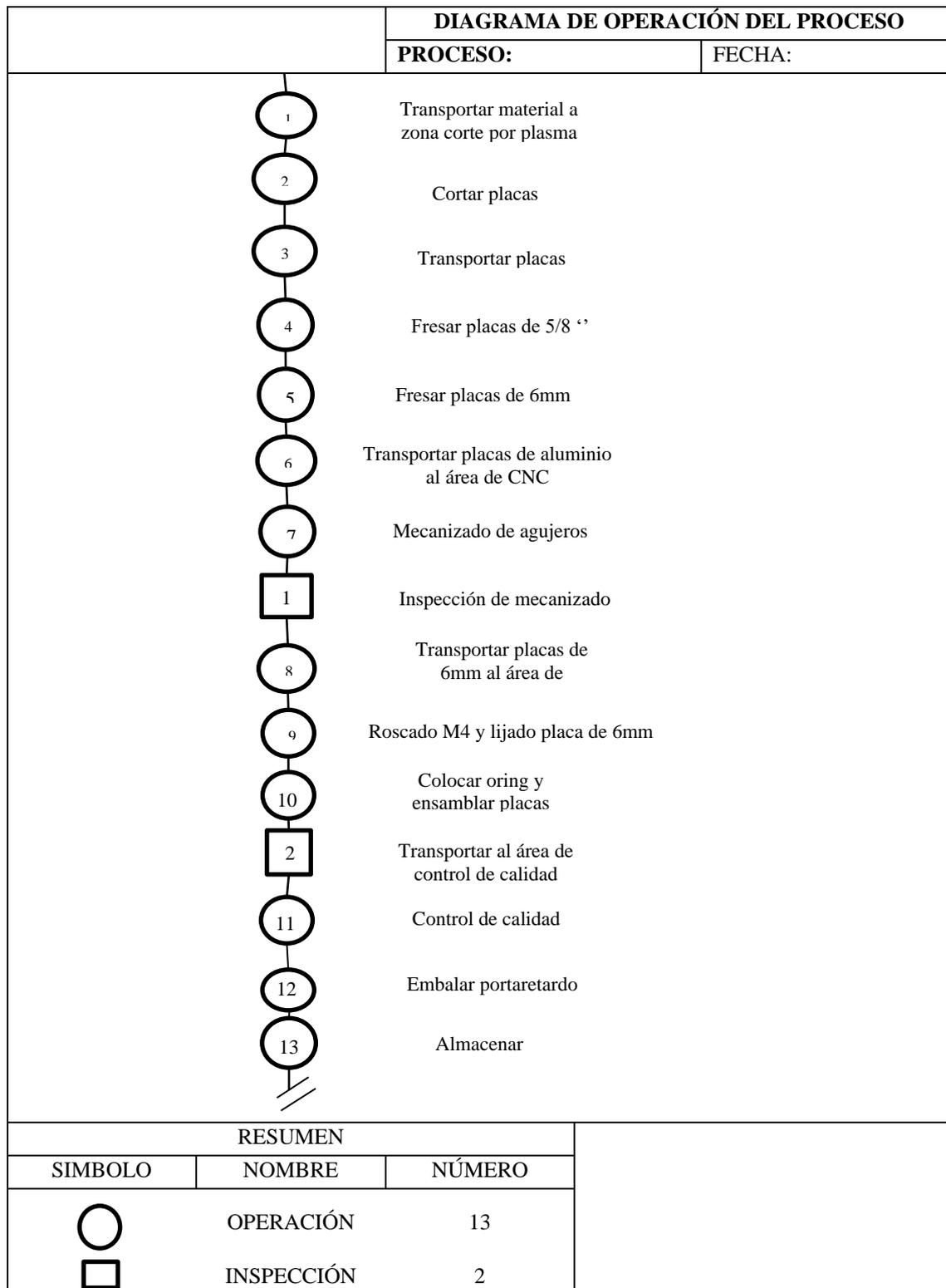
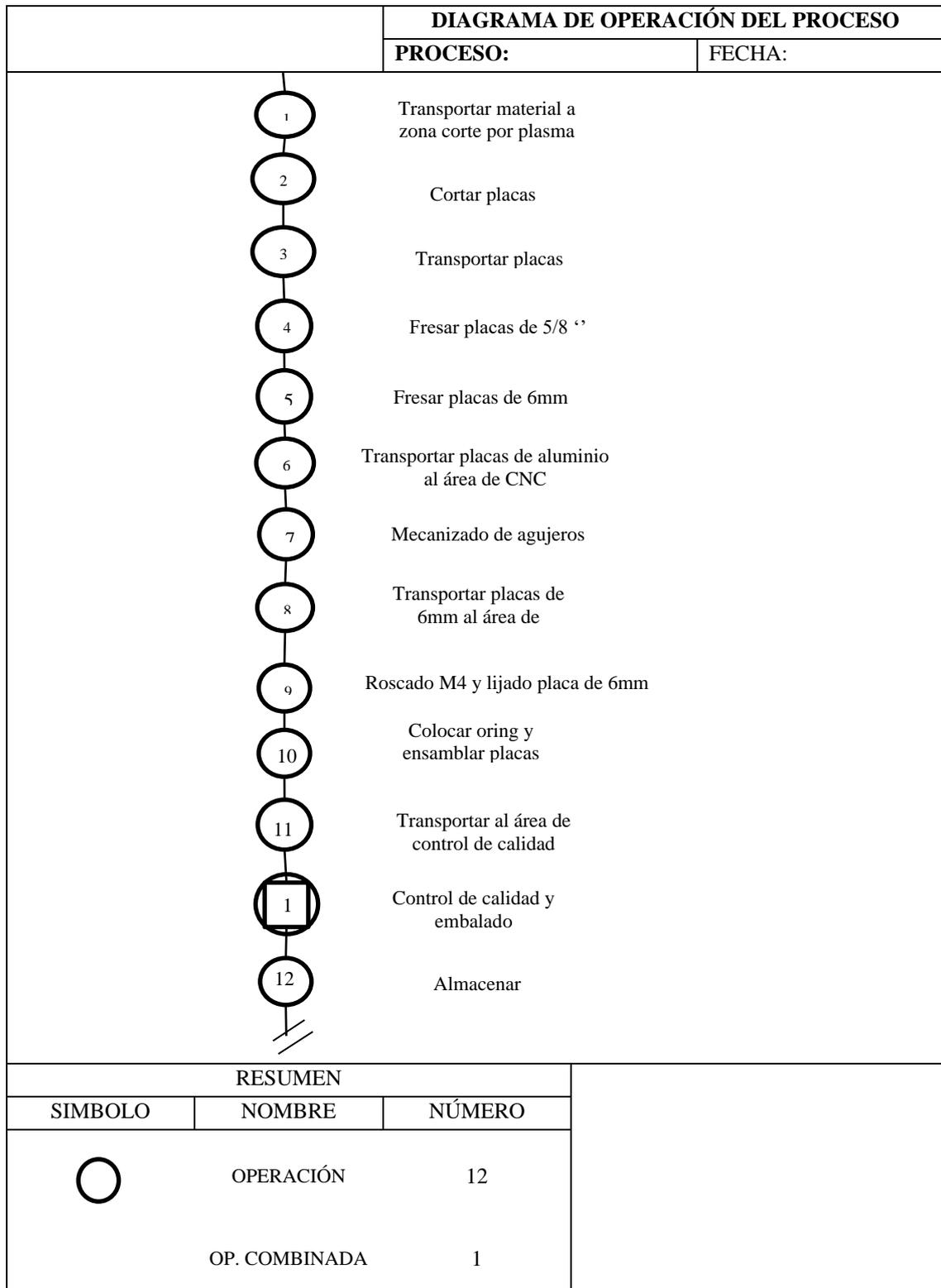


Diagrama de Operación del Proceso Final



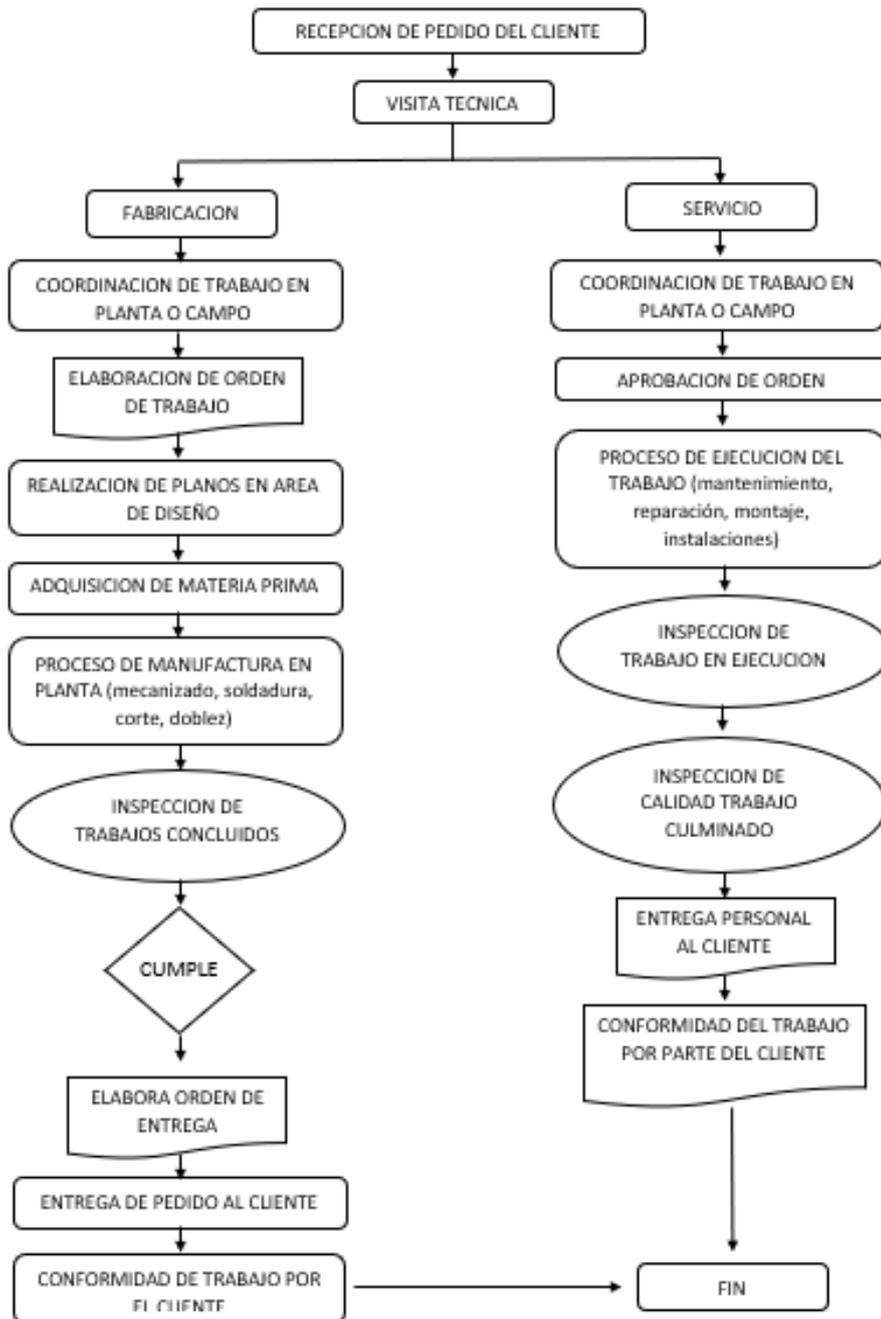
Anexo 13 Diagrama de análisis del proceso inicial

Diagrama De Análisis del Proceso									
Diagrama Nro. ___	Hoja ___ de ___	RESUMEN							
PRODUCTO:	Portaretardos	Actividad	Inicial	Final	Economía				
Proceso:		Operación ○	7						
Producción		Transporte ⇨	5						
Método:	Inicial	Espera □							
Lugar:	Planta 1	Inspección □	2						
Operario (s):	10	Almacenamiento ▽	1						
Ficha núm.:	38291	Distancia (m)							
		Tiempo (min)		02:40:24					
Descripción	Cant.	Tiempo	Símbolo					Observaciones	
			○	□	▭	⇨	▽		
Transportar material a zona corte por plasma	1	00:03:10					X		
Cortar placas de aluminio 5/8" y 6 mm de espesor a 80 x 315 mm de longitud	1	00:11:40	X						
Transportar placas al área de fresadoras convencionales	1	00:02:10					X		
Fresar placas de 5/8" de espesor a 14mm x 75 mm de ancho	1	00:27:00	X						
Fresar placas de 6 mm a 75mm de ancho	1	00:14:55	X						
Transportar placas de aluminio al área de CNC	1	00:02:35					X		
Mecanizado de agujeros diámetro 6.8 placas de 14 mm y 6 mm	1	00:49:25	X						
Inspección de mecanizado	1	00:06:30		X					
Transportar placas de 6mm al área de convencionales	1	00:02:15					X		
Roscado M4 y lijado placa de 6mm	1	00:09:15	X						
Colocar oring a placas de 6mm y ensamblar placas	1	00:10:55	X						
Transportar al área de control de calidad	1	00:02:14					X		
Inspeccionar control de calidad	1	00:11:25		X					
Embalar portaretardo	1	00:05:00	X						
Almacenamiento de producto terminado	1	00:01:55						X	
Total	15	02:40:24	7	2			5	1	

Diagrama de análisis del proceso final

Diagrama De Análisis del Proceso								
Diagrama Nro. __	Hoja __ de __	RESUMEN						
PRODUCTO:	Portaretardos	Actividad	Inicial	Final	Economía			
Proceso:		Operación	○	7	6	-1		
Producción		Transporte	⇨	5	5	-		
Método:	Inicial	Espera	⊐					
Lugar:	Planta 1	Inspección	□	2	1	-1		
Operario (s):	_____	Almacenamiento	▽	1	1	-		
Ficha núm.:	38291	Distancia (m)						
		Tiempo (min)		02:40:24	01:59:50	00:40:34		
Descripción	Cantidad	Tiempo	Símbolo					Observaciones
			○	□	⊐	⇨	▽	
Transportar material a zona corte por plasma	1	00:00:45				X		
Cortar placas de aluminio 5/8" y 6 mm de espesor a 80 x 315 mm de longitud	1	00:10:15	X					
Transportar placas al área de fresadoras convencionales	1	00:00:50				X		
Fresar placas de 5/8" de espesor a 14mm x 75 mm de ancho	1	00:22:00	X					
Fresar placas de 6 mm a 75mm de ancho	1	00:13:10	X					
Transportar placas de aluminio al área de CNC	1	00:00:55				X		
Mecanizado de agujeros diámetro 6.8 placas de 14 mm y 6 mm	1	00:45:20	X					
Transportar placas de 6mm al área de convencionales	1	00:00:57				X		
Roscado M4 y lijado placa de 6mm	1	00:06:45	X					
Colocar oring a placas de 6mm y ensamblar placas	1	00:10:23	X					
Transportar al área de control de calidad	1	00:00:50				X		
Inspeccionar y embalar portaretardo	1	00:06:10		X				
Almacenamiento de producto terminado	1	00:01:30					X	
Total	13	01:59:50	6	1		5	1	

Anexo 15 Flujograma de recepción de pedido del cliente



Anexo 16 Encuesta

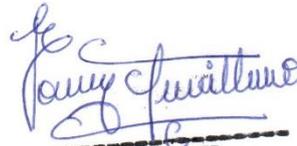
ENCUESTA						
INVESTIGADORES: EMPRESA: PROCESO: ENCUESTADO: FECHA: GETIÓN DE LA INFORMACIÓN:		Bach. Héctor Vicente, Bach. Reinaldo Tuero Metalmeccánica Producción de portaretardos Autores de investigación				
	Muy en desacuerdo 1	Algo en desacuerdo 2	Ni de acuerdo ni desacuerdo 3	Algo de acuerdo 4	Muy de acuerdo 5	
Nro.	Preguntas	Escala de Likert				
		1	2	3	4	5
1	¿Falta de una metodología para la gestión de producción?					
2	¿No se cuenta con procedimientos estandarizados?					
3	¿Falta de indicadores de productividad?					
4	¿No se cuenta con un control a detalle de los tiempos?					
5	¿Ausencia de formatos para el control de la productividad?					
6	¿Falta de capacitaciones?					
7	¿Mala distribución del ambiente de trabajo?					
8	¿No se cuenta con una política de trabajo en equipo?					
9	¿Poco empleo de tecnología en la producción?					
10	¿Falta de información histórica sobre el tiempo de fabricación?					
11	¿Retraso en el abastecimiento de materiales?					
12	¿Desorden en el área de producción?					
13	¿Maquinaria antigua y deteriorada?					
14	¿Estantes del almacén deteriorados?					
15	¿Inadecuado uso de los equipos?					
16	¿Insumos con deficiencias y fallas de fábrica?					
17	¿Alta rotación del personal operativo?					
18	¿Pérdida de materiales por falta de control?					
COMENTARIOS:						



**MAURO OMAR
 MARIATEGUI SANCHEZ
 INGENIERO INDUSTRIAL
 Reg CIP N° 297258**

Anexo 17 Encuesta

ENCUESTA						
INVESTIGADORES: EMPRESA: PROCESO: ENCUESTADO: FECHA: GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN:		Bach. Héctor Vicente, Bach. Reinaldo Tuero Metalmeccánica Producción de portaretardos Autores de investigación				
Muy en desacuerdo 1		Algo en desacuerdo 2	Ni de acuerdo ni desacuerdo 3	Algo de acuerdo 4	Muy de acuerdo 5	
Nro.	Preguntas	Escala de Likert				
		1	2	3	4	5
1	¿Falta de una metodología para la gestión de producción?					
2	¿No se cuenta con procedimientos estandarizados?					
3	¿Falta de indicadores de productividad?					
4	¿No se cuenta con un control a detalle de los tiempos?					
5	¿Ausencia de formatos para el control de la productividad?					
6	¿Falta de capacitaciones?					
7	¿Mala distribución del ambiente de trabajo?					
8	¿No se cuenta con una política de trabajo en equipo?					
9	¿Poco empleo de tecnología en la producción?					
10	¿Falta de información histórica sobre el tiempo de fabricación?					
11	¿Retraso en el abastecimiento de materiales?					
12	¿Desorden en el área de producción?					
13	¿Maquinaria antigua y deteriorada?					
14	¿Estantes del almacén deteriorados?					
15	¿Inadecuado uso de los equipos?					
16	¿Insumos con deficiencias y fallas de fábrica?					
17	¿Alta rotación del personal operativo?					
18	¿Pérdida de materiales por falta de control?					
COMENTARIOS: .						


 EDSON EDER
 PORRAS GUILLERMO
 INGENIERO INDUSTRIAL
 Reg. CIP N° 287386