



Carrera de Ingeniería Industrial

“PROPUESTA DE MEJORA BASADA EN LA  
INGENIERÍA DE MÉTODOS PARA INCREMENTAR  
LA PRODUCTIVIDAD EN LA FABRICACION DE  
HUSILLOS DE COBRE EN LA EMPRESA  
TAMEFISA”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Industrial

Autores:

Mariátegui Sánchez, Mauro Omar

Tapia Salazar, Alfredo

Asesor:

Ing. Lucía Bautista Zúñiga

Lima - Perú

2020

## Acta de autorización para sustentación de tesis

El asesor Ing. Lucía Bautista Zúñiga , docente de la Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería, Carrera profesional de INGENIERÍA INDUSTRIAL, ha realizado el seguimiento del proceso de formulación y desarrollo de la tesis de los estudiantes:

- Mariátegui Sánchez Mauro Omar
- Tapia Salazar, Alfredo

Por cuanto, **CONSIDERA** que la tesis titulada: “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 aspirar al título profesional de: **Ingeniero Industrial** por la Universidad Privada del Norte, reúne las condiciones adecuadas, por lo cual, **AUTORIZA** al o a los interesados para su presentación.

---

Ing. /Lic./Mg./Dr. Nombre y Apellidos

Asesor

### Acta de aprobación de la tesis

Los miembros del jurado evaluador asignados han procedido a realizar la evaluación de la tesis de los estudiantes: Alfredo Tapia Salazar y Mauro Omar Mariátegui Sánchez para aspirar al título profesional con la tesis denominada: Propuesta de mejora basada en la ingeniería de métodos para incrementar la productividad en la fabricación de husillos de cobre en la empresa TAMEFISA”

Luego de la revisión del trabajo, en forma y contenido, los miembros del jurado concuerdan:

**Aprobación por unanimidad**

**Aprobación por mayoría**

Calificativo:

Excelente [20 - 18]

Sobresaliente [17 - 15]

Bueno [14 - 13]

Calificativo:

Excelente [20 - 18]

Sobresaliente [17 - 15]

Bueno [14 - 13]

Desaprobado

Firman en señal de conformidad:

---

Ing./Lic./Dr./Mg. Nombre y

Apellidos

Jurado

Presidente

---

Ing./Lic./Dr./Mg. Nombre y

Apellidos

Jurado

---

Ing./Lic./Dr./Mg. Nombre y

Apellidos

Jurado

## Dedicatoria

Este trabajo se lo dedicamos a nuestros padres, que gracias a sus enseñanzas, ejemplos y consejos hemos podido desarrollado como personas y profesionales, así poder enfrentar las dificultades que se nos presente en la vida.

## Agradecimiento

Agradecemos a nuestros padres por su apoyo incondicional en momentos malos y buenos ya que con sus esfuerzos hemos logrado nuestras metas.

A mis compañeros de estudio que a través d estos años de carrera hemos podido compartir experiencias y conocimientos que nos permitieron desarrollarnos como profesionales.

## Tabla de contenidos

<b>Dedicatoria</b> .....	<b>iv</b>
<b>Agradecimiento</b> .....	<b>v</b>
<b>Tabla de contenidos</b> .....	<b>vi</b>
<b>Índice de tablas</b> .....	<b>ix</b>
<b>Índice de figuras</b> .....	<b>xi</b>
<b>Índice de ecuaciones</b> .....	<b>xiii</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>xiv</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>xv</b>
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>16</b>
<b>1.1. Realidad problemática</b> .....	<b>16</b>
<b>1.2. Formulación del problema</b> .....	<b>19</b>
1.2.1. Pregunta general.....	19
1.2.2. Preguntas específicas.....	19
<b>1.3. Objetivos</b> .....	<b>20</b>
1.3.1. Objetivo general.....	20
1.3.2. Objetivos específicos.....	20
<b>1.4. Hipótesis</b> .....	<b>21</b>
1.4.1. Hipótesis general.....	21
1.4.2. Hipótesis específicas.....	21
<b>1.5. Justificaciones</b> .....	<b>22</b>
1.5.1. Justificación teórica.....	22
1.5.2. Justificación práctica.....	22
1.5.3. Justificación económica.....	22
1.5.4. Justificación metodológica.....	23
1.5.5. Justificación social.....	23
<b>1.7 Antecedentes</b> .....	<b>26</b>
<b>1.8 Bases teóricas</b> .....	<b>30</b>
1.8.1 Ingeniería de métodos.....	30
1.8.4.1. Requerimientos.....	35
1.8.4.2. Objetivos del estudio de tiempos.....	36
<b>CAPÍTULO II. METODOLOGÍA</b> .....	<b>43</b>
<b>2.1 Tipo de investigación</b> .....	<b>43</b>
<b>2.1.1 Diseño de investigación</b> .....	<b>43</b>
<b>2.2 Población y muestra</b> .....	<b>44</b>

2.2.1	Población	44
2.2.2	Muestra:	44
<b>2.3</b>	<b>Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos</b>	<b>44</b>
2.3.1	Técnica de recolección de datos	44
<b>2.4</b>	<b>Procedimiento</b>	<b>47</b>
2.4.1.	Diagnostico situacional de la empresa	47
2.4.2.	Diagnóstico del área de estudio	52
2.4.2.1.	Descripción del proceso de producción	52
2.4.2.2.	Matriz SIPOC	58
2.4.2.3.	Análisis del problema	61
2.4.3.	Descripción del proceso de producción inicial	72
2.4.3.1.	Actividades en la fabricación inicial	72
2.4.3.2.	Diagrama de operaciones del proceso inicial	73
2.4.3.3.	Diagrama de análisis del proceso inicial	74
2.4.3.4.	Diagrama de recorrido inicial	76
2.4.3.5.	Análisis hombre – máquina	78
2.4.3.7.	Análisis de tiempos inicial	79
2.4.4.	Medición de indicadores de productividad antes de la mejora	84
2.4.4.1.	Tiempo de ciclo inicial	84
2.4.4.2.	Eficiencia del operario inicial	88
2.4.4.3.	Eficiencia de la máquina inicial	89
2.4.5.	Propuesta de mejora	90
2.4.5.1.	Capacitación del personal	91
2.4.5.2.	Eliminar actividades innecesarias en uso de maquinarias y equipos	95
2.4.5.3.	Nuevas herramientas de trabajo	100
2.4.5.4.	Reducción de tiempo en actividades colaborativas y aumentar las productivas	106
2.4.5.5.	Reasignación de personal en algunas actividades del proceso para una mejor gestión	109
<b>CAPÍTULO III</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>115</b>
3.1.	Escenario posterior a la mejora	115
3.1.1.	Actividades en la fabricación final	115
3.1.2.	Diagrama de operaciones del proceso final	116
3.1.3.	Diagrama de análisis del proceso final	117
3.1.4.	Diagrama de recorrido final	119
3.1.5.	Análisis hombre – máquina final	120

3.1.6. Análisis de tiempos final.....	121
3.1.7. Medición de indicadores de productividad después de la mejora.....	126
3.2. Comparación de escenarios previo y posterior .....	130
3.3. Evaluación económica financiera .....	133
3.4. Prueba de hipótesis de las dimensiones .....	137
<b>CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES .....</b>	<b>143</b>
4.1. Discusión.....	143
4.2. Conclusiones .....	145
4.3. Recomendaciones.....	146
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>147</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>150</b>

## Índice de tablas

Tabla 1 Operacionalización de variables.....	25
Tabla 2 Productos de la empresa.....	52
Tabla 3 Herramientas .....	57
Tabla 4 Insumos .....	58
Tabla 5 Rotación del personal.....	63
Tabla 6 Puntuaciones de Pareto.....	66
Tabla 7 Categorización de puntuaciones de Pareto.....	68
Tabla 8 Descripción de actividades para la fabricación de husillos de cobre .....	72
Tabla 9 Diagrama de análisis del proceso de fabricación de husillos .....	74
Tabla 10 Diagrama de análisis del proceso de fabricación de husillos .....	78
Tabla 11 Análisis de hombre máquina inicial .....	79
Tabla 12 Cálculo del tiempo productivo según actividades inicial.....	79
Tabla 13 Cálculo del tiempo mecanizado según actividades inicial .....	80
Tabla 14 Cálculo del tiempo ocioso de operario según actividades inicial.....	81
Tabla 15 Cálculo del tiempo ocioso de máquina según actividades inicial .....	82
Tabla 16 Indicadores iniciales de la productividad del proceso de fabricación de husillos .....	84
Tabla 17 Cálculo del tiempo según actividades inicial .....	84
Tabla 18 Determinación de observaciones según tabla Westinghouse .....	85
Tabla 19 Determinación de observaciones según General Electric .....	86
Tabla 20 Cálculo del tiempo de ciclo inicial.....	87
Tabla 21 Eficiencia del operario inicial.....	88
Tabla 22 Eficiencia de la máquina inicial .....	89
Tabla 23 Cronograma de capacitación mensual.....	91
Tabla 24 Registro para las capacitaciones.....	92
Tabla 25 Lineamientos de seguridad y manejo de máquinas .....	95
Tabla 26 Inspección de maquinaria.....	96
Tabla 27 Diagrama hombre – máquina .....	98
Tabla 28 Formato de estudio de tiempos con observaciones .....	101
Tabla 29 Formato de estudio de tiempos con frecuencia de observación .....	102
Tabla 30 Formato de estudio de tiempos en máquina .....	103
Tabla 31 Formato de estudio de tiempos con generalizado.....	104
Tabla 32 Formato de suplementos.....	105
Tabla 33 Diagrama de análisis del proceso .....	106
Tabla 34 Diagrama bimanual .....	107

Tabla 35 Diagrama de actividades múltiples.....	108
Tabla 36 Descripción de actividades finales para la fabricación de husillos de cobre.....	115
Tabla 37 Diagrama de análisis del proceso de fabricación de husillos final .....	117
Tabla 38 Actividades hombre máquina de fabricación de husillos final.....	120
Tabla 39 Solución de tiempo en hombre máquina del proceso de fabricación de husillos final....	121
Tabla 40 Cálculo del tiempo productivo según actividades final.....	121
Tabla 41 Cálculo del tiempo mecanizado según actividades final.....	122
Tabla 42 Cálculo del tiempo ocioso de operario según actividades final .....	123
Tabla 43 Cálculo del tiempo ocioso de máquina según actividades final .....	124
Tabla 44 Cálculo de suplementos final .....	125
Tabla 45 Cálculo del tiempo según actividades final.....	126
Tabla 46 Cálculo del tiempo de ciclo final.....	127
Tabla 47 Eficiencia del operario final .....	128
Tabla 48 Eficiencia de la máquina final .....	129
Tabla 49 Cambio en el tiempo de ciclo .....	130
Tabla 50 Cambio en la productividad de operario .....	131
Tabla 51 Cambio en la productividad de máquina.....	132
Tabla 52 Costos de la propuesta (expresado en soles) .....	133
Tabla 53 Flujo de la propuesta (expresado en soles).....	135
Tabla 54 Beneficio económico de la propuesta.....	136
Tabla 55 Resumen del cambio en las dimensiones .....	137

## Índice de figuras

Figura 1 Ranking de producción mundial de cobre 2019.....	16
Figura 2 Estructura de la producción de cobre por empresas, enero-febrero 2019 .....	17
Figura 3 Aplicaciones de la ingeniería de métodos.....	32
Figura 4 Representación del Diagrama de Ishikawa .....	34
Figura 5 Representación del Diagrama de Pareto .....	35
Figura 6 Símbolos DOP .....	37
Figura 7 Representación del Diagrama de Operaciones del Proceso .....	38
Figura 8 Representación del Diagrama Analítico de Procesos.....	41
Figura 9 Imágenes de la empresa .....	48
Figura 10 Cadena de valor.....	50
Figura 11. Sistemas de trabajo .....	55
Figura 12 Capital de trabajo .....	56
Figura 13 Desorden en el área de trabajo .....	62
Figura 14 Máquinas y equipos .....	64
Figura 15 Diagrama de Ishikawa.....	65
Figura 16 Evidencia de la ausencia de una metodología de trabajo.....	67
Figura 17 Diagrama de Pareto.....	69
Figura 18 Análisis de los 5 W .....	71
Figura 19 Diagrama de operaciones del proceso.....	73
Figura 20 Diagrama de recorrido .....	76
Figura 21 Análisis 5W 2H.....	77
Figura 22 Análisis hombre máquina inicial.....	78
Figura 23 Tiempo productivo según operarios inicial.....	80
Figura 24 Tiempo ocioso según operarios inicial.....	81
Figura 25 Tiempo ocioso de la máquina según operarios inicial .....	82
Figura 26 Análisis del tiempo de ciclo inicial .....	85
Figura 27 Procedimiento para la capacitación del personal técnico.....	93
Figura 28 Hoja de capacitación en el trabajo .....	94
Figura 29 Medición del trabajo .....	113
Figura 30 Diagrama de operaciones del proceso final .....	116
Figura 31 Diagrama de recorrido final .....	119
Figura 32 Análisis hombre máquina final .....	120
Figura 33 Tiempo productivo según operarios final .....	122
Figura 34 Tiempo ocioso según operarios final .....	123

Figura 35 Tiempo ocioso de la máquina según operarios final.....	124
Figura 36 Análisis del tiempo de ciclo final.....	126
Figura 37 Cambio en el tiempo de ciclo.....	131
Figura 38 Cambio en la productividad de operario.....	132
Figura 39 Cambio en la productividad de máquina.....	133
Figura 40 Prueba de hipótesis de la dimensión tiempo estándar.....	138
Figura 41 Prueba de hipótesis de dimensión actividades que no agregan valor.....	139
Figura 42 Prueba de hipótesis de dimensión tiempo de ciclo.....	140
Figura 43 Prueba de hipótesis de dimensión productividad del operario.....	141
Figura 44 Prueba de hipótesis de dimensión productividad de máquina.....	142

## Índice de ecuaciones

Ecuación 1 Formula de Actividades productivas inicial (%) .....	75
Ecuación 2 Formula de Actividades que no agregan valor en situación inicial (%) .....	75
Ecuación 3 Formula de tiempo estándar inicial .....	83
Ecuación 4 Formula actividades productivas posterior (%) .....	118
Ecuación 5 Formula de actividades que no agregan valor final (%) .....	118
Ecuación 6 Formula de tiempo estándar posterior .....	125

## RESUMEN

En los últimos años el sector metal mecánico ha logrado un crecimiento importante por la industrialización que atraviesa nuestro país, ello lleva a las empresas del sector a aumentar su producción y preocuparse por los niveles de productividad, la reducción de los tiempos de ciclo y costos, todo ello conservando los niveles de calidad requeridos por grandes compañías. En este sentido, la presente investigación tuvo el objetivo principal de elaborar una propuesta de mejora basada en la ingeniería de métodos para incrementar la productividad en la fabricación de husillos de cobre en la empresa Tamefisa. El alcance de esta finalidad se sostiene en objetivos específicos como la determinación de la situación inicial del proceso, identificar los factores críticos que existen, elaborar la propuesta de mejora en base a la comparación de indicadores y finalmente, calcular el impacto económico de la ingeniería de métodos a modo de evaluar su viabilidad. La investigación cuenta con una metodología de enfoque cuantitativo, de tipo aplicada, de nivel descriptivo, de corte longitudinal en el tiempo y de diseño cuasi experimental; la muestra estuvo conformada por el proceso de fabricación de husillos analizado durante 30 semanas, siendo 15 para el escenario previo y 15 para el posterior y la técnica de recolección de datos fue la observación directa, dado que permite comprometer al investigador con la realidad.

El procedimiento de cambio se basó en la ingeniería de métodos a través de 5 pilares para la mejora, tales como la reducción de actividades colaborativas y su tiempo en aumento de las productivas, la eliminación de actividades innecesarias en el uso de máquinas y equipos a través de formatos de inspección, el empleo de nuevas herramientas de trabajo para controlar los tiempos, la capacitación al personal y su reasignación de acuerdo a la carga laboral para completar un ciclo mucho más productivo. Los resultados concluyen que fue posible elaborar una propuesta de mejora basada en la ingeniería de métodos para incrementar la productividad en la fabricación de husillos de cobre en la empresa Tamefisa, dado que se logró una mejora en los indicadores de la productividad tales como el tiempo de ciclo que pasó de 1 hora con 27 minutos y 37 segundos a 1 hora con 2 minutos y 39 segundos, la productividad del operario que pasó de 59.54% a 62.49% y la productividad de la máquina que incrementó de 46.49% a 61.77%.

**Palabras clave:** Ingeniería de métodos, productividad, tiempo estándar, tiempo de ciclo, fabricación

## ABSTRACT

In recent years the metal mechanic sector has achieved significant growth due to the industrialization that our country is going through, this leads companies in the sector to increase their production and worry about productivity levels, the reduction of cycle times and costs, all of this while maintaining the quality levels required by large companies. In this sense, the present investigation had the main objective of elaborating an improvement proposal based on the engineering of methods to increase productivity in the manufacture of copper spindles in the Tamefisa Company. The scope of this purpose is based on specific objectives such as determining the initial situation of the process, identifying the critical factors that exist, preparing the improvement proposal based on the comparison of indicators and finally, calculating the economic impact of the engineering of methods to assess its viability. The research has a methodology with a quantitative approach, of an applied type, of a descriptive level, of longitudinal cut in time and of a quasi-experimental design; The sample consisted of the spindle manufacturing process analyzed for 30 weeks, being 15 for the previous scenario and 15 for the later one, and the data collection technique was direct observation, since it allows the researcher to commit to reality.

The change procedure was based on the engineering of methods through 5 pillars for improvement, such as the reduction of collaborative activities and their time in increasing production, the elimination of unnecessary activities in the use of machines and equipment through inspection formats, the use of new work tools to control times, staff training and their reassignment according to the workload to complete a much more productive cycle. The results conclude that it was possible to develop an improvement proposal based on the engineering of methods to increase productivity in the manufacture of copper spindles at the Tamefisa company, since an improvement was achieved in productivity indicators such as the time of cycle that went from 1 hour and 27 minutes and 37 seconds to 1 hour and 2 minutes and 39 seconds, the productivity of the operator that went from 59.54% to 62.49% and the productivity of the machine that increased from 46.49% to 61.77%.

**Keywords:** Method engineering, productivity, standard time, cycle time, manufacturing

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

A nivel mundial, la producción de cobre en Chile ascendió a 5,6 millones de toneladas métricas en 2019. Se situó así como el principal productor de este mineral en el mundo, seguido de Perú y China, con un total de 2,4 y 1,6 millones de toneladas, respectivamente. La producción global de cobre ha experimentado un considerable ascenso en los últimos años. Concretamente, se alcanzaron los 20 millones de toneladas en 2019, esto es, alrededor de un 25% más que la cantidad registrada en 2006. Siendo Chile el principal productor de este mineral, no es de extrañar que tres de las diez minas de cobre con mayor capacidad a nivel global se hallen en este país (es.statista.com).



Figura 1 Ranking de producción mundial de cobre 2019

Fuente: Cámara de Minería del Ecuador

A nivel nacional, conocido como el “metal rojo”, el cobre se corona como el mineral rey en la producción industrial de minerales en Perú. Efectivamente, el cobre es el producto que el país vende con mayor beneficio y demanda al resto del mundo. Según información de la Agencia Andina, el cobre lideró las exportaciones del Perú en los años 2016, 2017 y 2018. Ahora, vuelve a hacer lo mismo este año, a pesar de la guerra comercial que vive China y Estados Unidos. De este modo, las exportaciones cupríferas significaron en estos últimos años el 51% del comercio minero. Así, el cobre se ha consolidado como el primer producto de exportación peruano. Así lo ratificó también el Ministerio de Energía y Minas (MEM), dando cifras más exactas: 2.44 millones de toneladas métricas finas se produce anualmente en el país. El mayor porcentaje de la producción del

cobre se exporta a los principales mercados de destino fueron, como por ejemplo China (65%), Japón (9%) y Corea del Sur (6%).

A nivel regional, Arequipa ocupó el primer lugar en la producción cuprífera en el referido periodo, con una participación del 19.5%. En segunda posición se encuentra Áncash con 19%, mientras que en tercer lugar se ubicó Apurímac con una participación de 15.6%. A nivel de empresas, la Sociedad Minera Cerro Verde se ubicó en primer lugar en la producción de cobre, con una participación en los primeros ocho meses del año. En segundo y tercer lugar se posicionaron Compañía Minera Antamina y Southern Perú Copper Corporation Sucursal del Perú.

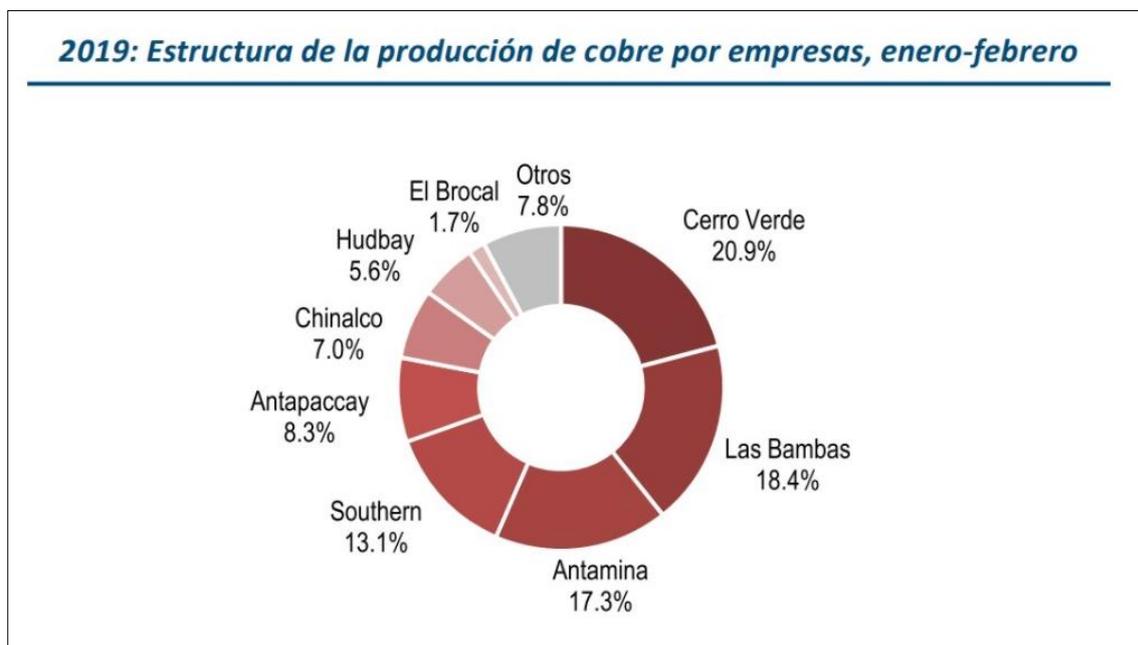


Figura 2 Estructura de la producción de cobre por empresas, enero-febrero 2019

Fuente: Diario El Peruano

El cobre se emplea en los motores de diferentes medios de transporte como aviones, barcos, trenes automóbiles; es el componente de las piezas de varios aparatos electrónicos, como por ejemplo, las computadoras; es utilizado en el cable de las edificaciones, tuberías de agua y gas. También se emplea en la generación y distribución eléctrica por ser un excelente conductor.

La soda cáustica líquida se produce a partir de la electrolisis de una solución de cloruro de sodio. El cloruro de sodio proviene de la sal producida en los yacimientos de Huacho y Otuma que Quimpac tiene en el norte y sur del país, respectivamente. Un sistema de transformación rectificación permite obtener un suministro de corriente continua y un voltaje adecuado a los requerimientos de las celdas electrónicas para la obtención de dicho producto. Entre los usos de la soda caustica encontramos,

preparación de la pulpa(papel),obtención de jabones metálicos “duros”(base de algunas grasas lubricantes convencionales),refinación del petróleo, obtención del zinc y aluminio, preparación de soluciones desinfectante y lavadoras , deposición del estaño, galvanoplastia, fabricación de explosivos ,industrias farmacéuticas , de alimentos ,plásticos y vidrio.

Debido a que la empresa Quimpac, productora de soda cáustica, entre otros productos, tiene presencia en el mercado nacional e internacional como por ejemplo en países como Argentina, Bolivia, Chile, Colombia, Ecuador, Uruguay, Paraguay, Centroamérica, los Estados Unidos y Canadá. Este producto tiene gran demanda, por lo cual la empresa opera durante las 24 horas durante todo el año. La empresa Taller de mecánica fina S.A, tiene la tarea de fabricar los husillos de cobre, que son utilizados para el proceso de electrolisis, y así producir la soda caustica. Esta fabricación representa un gran ingreso para la empresa, debido a su alto costo, \$60.00 por unidad, y también poder llegar a la meta de producción semanal, el cual es exigido por el dueño de la empresa. Durante el proceso de fabricación , no se aplica un formato o control de producción , por lo cual se basan en la experiencia de los operadores , o por la continuidad del trabajo “ promedian” los tiempos de producción , sumados a que el personal que están involucrados en algunos procesos , no cuentan con la capacitación mínima.

## 1.2. Formulación del problema

### 1.2.1. Pregunta general

¿De qué manera la propuesta de mejora basada en la ingeniería de métodos incrementará la productividad en la fabricación de husillos de cobre en la empresa Tamefisa?

### 1.2.2. Preguntas específicas

- ¿Cuál es la situacional inicial del proceso de fabricación de husillos de cobre en la empresa Tamefisa?
- ¿Qué factores afectan el proceso de fabricación de husillos de cobre en la empresa Tamefisa?
- ¿En qué medida la propuesta de mejora basada en la ingeniería de métodos incrementa la productividad en la fabricación de husillos de cobre en la empresa Tamefisa?
- ¿Cuál es el impacto económico de la propuesta de mejora basada en la ingeniería de métodos al incrementar la productividad en la fabricación de husillos de cobre en la empresa Tamefisa?

### **1.3. Objetivos**

#### **1.3.1. Objetivo general**

Elaborar una propuesta de mejora basada en la ingeniería de métodos para incrementar la productividad en la fabricación de husillos de cobre en la empresa Tamefisa.

#### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Determinar la situacional inicial del proceso de fabricación de husillos de cobre en la empresa Tamefisa.
- Determinar qué factores afectan en el proceso de fabricación de husillos de cobre en la empresa Tamefisa.
- Determinar en qué medida la propuesta de mejora basada en la ingeniería de métodos incrementa la productividad en la fabricación de husillos de cobre en la empresa Tamefisa
- Determinar el impacto económico de la propuesta de mejora basada en la ingeniería de métodos al incrementar la productividad en la fabricación de husillos de cobre en la empresa Tamefisa.

## **1.4. Hipótesis**

### **1.4.1. Hipótesis general**

La propuesta de mejora basada en la ingeniería de métodos incrementará la productividad en la fabricación de husillos de cobre en la empresa Tamefisa.

### **1.4.2. Hipótesis específicas**

- La situación inicial del proceso de fabricación de husillos de cobre es deficiente en la empresa Tamefisa.
- Existen factores críticos que afectan el proceso de fabricación de husillos de cobre en la empresa Tamefisa.
- La propuesta de mejora basada en la ingeniería de métodos afecta positivamente en la productividad en la fabricación de husillos de cobre en la empresa Tamefisa.
- Existe un impacto económico positivo de la propuesta de mejora basada en la ingeniería de métodos al incrementar la productividad en la fabricación de husillos de cobre en la empresa Tamefisa, 2020.

## **1.5. Justificaciones**

### **1.5.1. Justificación teórica**

Según Ñaupas, Valdivia, Palacios y Romero (2018) nos dice cuando el trabajo de investigación de un problema tiene la importancia como para desarrollar una teoría científica, pues esto nos va ayudar a poder comparar o debatir con otros trabajos de innovación o también poder ampliar el modelo teórico. Un trabajo de investigación se justifica en la medida de la ampliación de la ciencia.

### **1.5.2. Justificación práctica**

De acuerdo con Valderrama (2019) este tipo de justificación se manifiesta en el interés del investigador por acrecentar sus conocimientos, si es el caso, contribuir a la solución de problemas concretos que afecten a las empresas. Hay que resaltar que para la fabricación de husillos de cobre, actualmente no se cuenta con un método de trabajo, es por ello que existe un control deficiente en cada operación lo que da como resultado una baja productividad. Es por ello que se torna necesaria la aplicación de la ingeniería de métodos en la fabricación de husillos de cobre dentro de la empresa Tamefisa, Esto favorecerá a la empresa, pues a partir de dicha metodología, se busca mejorar la productividad generando un control eficiente en todos los procesos de producción, así como empezar a tener un historial.

### **1.5.3. Justificación económica**

Dado que toda empresa busca maximizar sus beneficios, siempre se deseará mejorar los procedimientos para aumentar la productividad, esto a través de la reducción de costos y el mejor empleo de la mano de obra a cargo. La fabricación de husillos de cobre representa un ingreso importante dentro de la empresa Tamefisa, ello indirectamente evidencia también la gran importancia que tiene este producto en las empresas que realizan procedimientos de electrolisis para la generación y producción de soda caustica, Producto que tiene gran demanda en el mercado nacional e internacionales pues su uso abarca industrias mineras, petroquímicas, farmacéuticas, Papeleras, alimentarias, etc. Es por ello que el desarrollo y posterior aplicación de un estudio basado en la ingeniería de métodos en los procesos de fabricación Husillos de Cobre, ayudará en el orden y optimización en los tiempos de fabricación, el cual dará como resultado más ingresos con menos recursos.

#### **1.5.4. Justificación metodológica**

Con el empleo de la ingeniería de métodos se desea incrementar la productividad en la fabricación de husillos y con el empleo de sus herramientas, se realiza un análisis a detalle sobre los elementos críticos dentro del proceso productivo. A partir de ello se plantean alternativas de cambio con el uso de esta metodología, lo cual podrá ser implementado por otras realidades que experimenten esta problemática, dado que se explicará paso a paso el proceso; es por esta razón que la investigación cuenta con justificación metodológica.

#### **1.5.5. Justificación social**

Los husillos de cobre son utilizados como parte del proceso de electrolisis, para la fabricación de soda caustica , el cual se usa para fabricar jabones ,crayón, papel, explosivos, pinturas y productos de petróleo. Siendo estos productos de vital importancia bajo el panorama actual de Pandemia que se viene desarrollando en el mundo. Actualmente la demanda de productos de Limpieza de aseo personal y domiciliario se elevó en aprox. 30% según la empresa multinacional Procter & Gamble. Por otro lado, se tiene también que la soda caustica se usa en el procesamiento de textiles de algodón, lavandería y blanqueado. Es por ello, que la aplicación de la ingeniería de métodos dentro de la empresa Tamefisa, ayudara a mejorar la manera en la que se producen los husillos de cobre y así poder proyectar mejor y cubrir de forma correcta la demanda de sus clientes.

## **1.6.- Variables**

### **1.6.1. Variable Independiente**

La aplicación de la ingeniería de métodos.

### **1.6.2. Variable dependiente**

Productividad de los Husillos de cobre.

### **1.6.3. Operacionalización de las variables**

Tabla 1

Operacionalización de variables

Problema	Hipótesis	Variables	Dimensión	Indicador	
¿De qué manera la propuesta de mejora basada en la ingeniería de métodos incrementará la productividad en la fabricación de husillos de cobre en la empresa Tamefisa?	La propuesta de mejora basada en la ingeniería de métodos incrementará la productividad en la fabricación de husillos de cobre en la empresa Tamefisa.	Propuesta de mejora basada en la ingeniería de métodos	Estudio de Tiempos	$TS = TN(1 + S)$ TS= Tiempo estándar, TN= Tiempo Normal, S = Suplementos	
			Estudio de métodos de trabajo	$\%ANV = \frac{\sum ANV}{\sum AT} \times 100$ % ANV = Porcentaje de actividades que no agregan valor $\sum ANV$ = Sumatoria de actividades que no agregan Valor $\sum AT$ = Sumatoria de actividades totales	
¿Cuál es la situacional inicial del proceso de fabricación de husillos de cobre en la empresa Tamefisa?	La situación inicial del proceso de fabricación de husillos de cobre es deficiente en la empresa Tamefisa.	Productividad en la fabricación de husillos de cobre	Tiempo de ciclo	$\text{Tiempo de ciclo} = \text{duración del proceso de producción}$	
¿Qué factores afectan el proceso de fabricación de husillos de cobre en la empresa Tamefisa?	Existen factores críticos que afectan el proceso de fabricación de husillos de cobre en la empresa Tamefisa.		Productividad del operario	$P.M. = \frac{\text{Tiempo productivo máquina}}{\text{Tiempo de ciclo}} \times 10$	
¿En qué medida la propuesta de mejora basada en la ingeniería de métodos incrementa la productividad en la fabricación de husillos de cobre en la empresa Tamefisa?	La propuesta de mejora basada en la ingeniería de métodos afecta positivamente en la productividad en la fabricación de husillos de cobre en la empresa Tamefisa.		Productividad del máquina		$P.O. = \frac{\text{Tiempo productivo operario}}{\text{Tiempo de ciclo}} \times 100$
¿Cuál es el impacto económico de la propuesta de mejora basada en la ingeniería de métodos al incrementar la productividad en la fabricación de husillos de cobre en la empresa Tamefisa?	Existe un impacto económico positivo de la propuesta de mejora basada en la ingeniería de métodos al incrementar la productividad en la fabricación de husillos de cobre en la empresa Tamefisa, 2020.				

Fuente: Empresa Tamefisa S.A.

## 1.7 Antecedentes

Vázquez (2019) en su tesis “Aplicación de ingeniería de métodos y su relación con la productividad de la línea de tanques de la empresa HEAP LEACHING CONSULTING SAC periodo 2011-2012”, tuvo como objetivo principal evaluar la relación de la aplicación de la ingeniería de métodos con la productividad en el área de producción de la mencionada empresa, para llegar a esto, se hizo a través del estudio de métodos y estudio de tiempos, sobre la productividad. Respecto a la metodología se menciona que cuenta con un diseño de tipo cuasi experimental, población para este estudio está formada por la productividad anual en la línea de tanques, que consta los periodos 2011-2011 y 2017. Se encontró que existe una relación entre la aplicación de la ingeniería de métodos y la productividad en la línea de tanques.

Pérez (2018) en su investigación “Aplicación de la ingeniería de métodos para mejorar la productividad en el proceso de soldadura de la empresa Esmetal S.A.C. Callao, 2018”, tuvo como objetivo, mejorar la productividad a través de la implementación de la metodología de ingeniería de métodos, para eso fue necesario realizarlo a través de del estudio de métodos y el estudio de tiempos para incrementar la eficacia en dicha empresa. Esta investigación tiene una metodología de tipo cuantitativa, dado que los resultados se expresan en términos numéricos. La población para este proyecto es la producción durante 25 días antes de la propuesta y 25 días después de la propuesta. En los resultados se muestra que con la aplicación de la ingeniería de métodos, con el estudio de tiempos y métodos se logra incrementar la productividad en un 12.52%, es decir se logra una mejora.

En el trabajo desarrollado por Ganoza (2018) titulado “Aplicación de la ingeniería de métodos para incrementar la productividad en el área de empaque de la empresa agroindustrial ESTANISLAO DEL CHIMU”, Tiene como finalidad de mejorar la productividad en el área de empaque, a través de la aplicación de la ingeniería de métodos, mediante el análisis de la situación inicial para elaborar un diagnóstico de la productividad del proceso de empaque de paltas. La metodología usada es de tipo cuasi experimental, además cuenta con un enfoque cuantitativo y aplicado. La población para este estudio corresponde a 10 semanas antes y 10 semanas después de la aplicación. Los resultados nos muestran que con la aplicación de la mejora se redujo el tiempo de ciclo de 5.5 a 4 minutos y la producción diaria incrementó.

Para Collado y Rivera (2018) en su trabajo denominado “Mejora de la productividad mediante la aplicación de herramientas de ingeniería de métodos en un taller mecánico automotriz”, Tiene como objetivo principal hacer una mejora en el proceso consistiendo en estudio de tiempos en las diferentes operaciones. La metodología es una investigación aplicada, dado el uso de herramientas de calidad, con un enfoque cuantitativo y un diseño cuasi experimental. La población y muestra corresponde a los datos de 6 equipos durante 72 órdenes, en los meses de mayo a agosto. Los resultados nos indica que la aplicación de las herramientas para la mejora lograron el aumento de la productividad desde 97.49% en mayo a 98.2% para el mes de agosto.

De acuerdo con Chavarría (2018) en su investigación llamada “Aplicación de la ingeniería de métodos para incrementar la productividad en el área de cromo duro de la empresa RECOLSA S.A., Callao, 2017”, Tiene como objetivo principal examinar el predominio de la ingeniería de métodos (estudio de métodos y estudio de tiempos) y la productividad (eficiencia y eficacia) en el área de cromo duro de la mencionada empresa. La metodología es de tipo cuantitativa, de carácter aplicado, de nivel explicativo y de diseño cuasi experimental. La población y muestra para el estudio de la producción, son datos recolectados durante 13 semanas antes de la propuesta y 13 semanas después de la misma. Entre los instrumentos usados para la recolección de datos, está la observación directa y el cronometro, para tener una detalle mejor. El resultado nos da, que la utilidad de la mejora en base a la ingeniería de métodos, hace que se mejore la productividad en un 11%.

Se comenta sobre el trabajo de Andrade, Del Rio y Alvear (2019) titulado “Estudio de Tiempos y Movimientos para Incrementar la Eficiencia en una Empresa de Producción de Calzado”, como parte de un artículo de investigación en la revista Información Tecnológica. Tiene como objetivo principal la mejora de la producción en todos los procesos involucrados, mediante el estudio de tiempos y movimientos. La metodología para este estudio es de diseño cuasi experimental, además cuenta con un enfoque cuantitativo y aplicado. La población y muestra corresponde a la producción de zapatos de la talla 40 durante 4 semanas de evaluación, entre las técnicas de recolección de datos se aplica la observación directa. En desarrollo de los resultados se logró una mejora de la producción de 91.74% hasta el 96.78%.

Para Aguirre (2019) en su investigación llamada “Aplicación de la Ingeniería de Métodos en el área productiva de una empresa metal mecánica” Tiene como objetivo principal

aplicar la ingeniería de métodos y el estudio de tiempos en la línea de producción de armado y suelda. Para llegar a esto fue necesario usar diagramas de flujo y curso gramas analíticos del proceso. La metodología para este proyecto es de tipo de cuantitativa, de carácter aplicado, de nivel explicativo, de diseño cuasi experimental. Para la recolección de datos se hizo a través de la observación directa y el cronometro para contar con mayor detalle. Los resultados mostraron que el aumento de la línea de producción y de la mano de obra, se logró una mejora en la producción de 66%.

En el trabajo desarrollado por Quintero (2019) denominada “Estudios de métodos y tiempos para proceso de Batanado en empresa textil”, tuvo la finalidad de efectuar un estudio de la ingeniería de métodos para lograr una mejora en la productividad del mencionado proceso de la empresa. Respecto a la metodología se menciona que se cuenta con una investigación aplicada dado el uso de las herramientas para solucionar un problema de la realidad, con un enfoque cuantitativo para la obtención de datos numéricos y de diseño no experimental. Se concluye que hay una eficiencia esperada de 80.23% con una carga de trabajo de 58.69%, un tiempo de uso de la maquinaria de 6.6 horas, un tiempo de ciclo de 7.61 y un tiempo no ocupado de 3.67 minutos.

De acuerdo con Mugmal (2017) en su trabajo llamado “Organización del trabajo a través de ingeniería de métodos y estudio de tiempos para incrementar la productividad en el área de post-cosecha de la empresa florícola Lottus Flowers”, tiene como finalidad mejorar la productividad mediante el uso de las herramientas de la ingeniería de métodos (ingeniería de trabajo y estudio de tiempos) en la mencionada área. Para este estudio se cuenta con una metodología de tipo cuantitativa, de carácter aplicado, de nivel explicativo, de diseño cuasi experimental. La población y muestra corresponde al análisis de la producción durante 5 meses; entre los instrumentos empleados para la recolección de datos se menciona la ficha de observación y el cronometro para tener un detalle de la producción en el trabajo de campo en los resultados, se logra una reducción de tiempo de producción a 13.08 y un menor recorrido a 48.8 metros, logrando mejorar la producción.

Para Orejuela (2016) en su trabajo titulado “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 Metalmecánicos Orejuela SEIMCO, durante el año 2015”, el objetivo principal fue incrementar la productividad del área de producción a través del diseño y aplicación de una mejora basada en la ingeniería de

métodos. En la metodología se menciona que se cuenta con diseño de tipo cuasi experimental en tanto que se manipula una o dos de las variables para evaluar el impacto sobre otra; además cuenta con un enfoque cuantitativo y aplicado, al ser realizado sobre la realidad de una empresa. Sobre las técnicas de recolección de datos se menciona la observación directa y la revisión de datos históricos. Los resultados indican una mejora de la productividad en 34%, en tanto que se obtuvo una producción inicial de 279 unidades y luego de la mejora este valor fue de 374 unidades; con dicho cambio se logra una producción mensual de 31,112 unidades y ello supera en un 20% los requerimientos del área de ventas que son de 29,974 unidades. Por otro lado, se logra una reducción del costo unitario de producción que paso de USD 82.17 dólares en el escenario inicial a USD 61.15 dólares en el escenario final, lo que representa un disminución del 26%. Ante ello, se concluye que la aplicación de la ingeniería de métodos mejora la productividad en la empresa, además de brindar beneficios económicos; finalmente se recomienda controlar el cumplimiento de las especificaciones técnicas y realizar guías de trabajo efectivo.

## 1.8 Bases teóricas

### 1.8.1 Ingeniería de métodos

#### 1.8.1.1. Definición

De acuerdo con Palacios (2016) la ingeniería de métodos es una disciplina que comprende la integración del hombre con las actividades que realiza a nivel industrial para la producción ya sea de bienes o servicios. En este sentido, este enfoque consiste en la decisión adecuada de dónde ubicar a cada trabajador en su tarea específica para transformar la materia prima en productos terminados de acuerdo a sus capacidades y habilidades dentro del proceso, así como también se elige el tiempo y la forma en la cual desempeña sus actividades. Dado que la ingeniería de métodos se relaciona con el estudio de los procesos dentro de la producción de bienes o servicios, también se analiza a través de dos dimensiones claves como el estudio de movimientos y el estudio de tiempos. A partir de ello otras responsabilidades de la disciplina se explican a continuación.

- Determinar en qué lugar encaja mejor el trabajador para un óptimo desempeño de sus actividades.
- Establecer cómo un trabajador puede realizar de la mejor manera su trabajo
- Identifica los mejores métodos a emplear para la distribución de los materiales, equipos, tecnología y demás recursos con los que cuente la empresa.
- Determina el mejor uso de las herramientas logísticas que se involucran en la cadena de producción, tales como el transporte y almacenamiento.
- Aprovecha mejor los recursos humanos de acuerdo a sus competencias ya identificadas.
- Reducción y eliminación de desperdicios o actividades que no agregan valor
- Medición del trabajo con alto grado de mecanización y buenas condiciones de trabajo de acuerdo al volumen y frecuencia de producción.

Según González y Arcienagas (2016) la ingeniería de métodos se encarga del estudio a detalle de las acciones en las estaciones de trabajo, identificando la problemática de cada trabajador al momento de desarrollar sus tareas; a partir de ello logra determinar una interrelación entre ambos actores en el proceso productivo. En este

sentido, dicha disciplina se compone de dos dimensiones como el estudio de los métodos de trabajo y la medición de los tiempos que se requieren para las tareas. De esta forma la ingeniería de métodos proporciona un conjunto de decisiones en búsqueda de la productividad a fin de lograr la premisa de la mejora continua como objetivo constante.

### **1.8.1.2. Importancia.**

En palabras de Palacios (2016) se comenta que esta disciplina de gran importancia puesto que determina y evalúa el desempeño de cada trabajador en todas las actividades o tareas a fin de obtener la mejor asignación posible, en tanto que siempre se debe considerar la reducción de los costos de contratación y capacitación de la mano de obra como una externalidad negativa que afecta la utilidad de la compañía, es más, estos gastos tienden a ser cada vez más altos durante el paso de los años puesto que se deja de contar con personal calificado para contratar mano de obra nueva que ingresa al mercado laboral y por ende, a la empresa.

Para González y Arcienagas (2016) la ingeniería de métodos es importante dado que permite mejorar los procesos de forma continua como una filosofía para alcanzar la productividad; en este punto se consideran dos factores, el rendimiento de los recursos y de la mano de obra y por otro lado, la calidad de los procesos a fin de lograr un producto óptimo; ambos elementos logran una gran interacción como parte de la mejora continua en la filosofía del buen juicio para lograr cambios pertinentes en la gestión del área de producción y en la producción.

Desde otra perspectiva, para Machado, Lorente y Mugmal (2019) con el aumento de la mecanización de las actividades se alcanza un nivel de productividad mucho más alto, en tanto que los trabajadores ya se encuentran familiarizados con el proceso y se ha elegido a los mejores para cada actividad. A través de un profundo análisis se ha logrado dicha organización lo que a su vez permite un identificación clara de problemas en caso surjan, en este punto se recurre a la creatividad y control de errores por parte de los encargados. En este sentido, la ingeniería de métodos se caracteriza por lo siguiente:

- Empleo de técnicas y teorías novedosas
- Progreso en las actividades considerando una creciente productividad y objetividad en los pasos o secuencias de producción

- Colabora en la toma de decisiones para un mejor curso de las acciones
- Por su filosofía tiende a una reducción de costos por la simplificación del proceso
- Utiliza el análisis analítico a través de evaluaciones objetivas
- Emplea un alto grado de exactitud con iniciativa e inventiva.

### 1.8.1.3. Aplicaciones y usos

De acuerdo con Kiran (2020) en el giro industrial aún existe el uso intensivo del factor humano para la producción, es por ello que la ingeniería de métodos sigue siendo vigente desde su análisis en la era de los padres de la ingeniería. En este sentido, la disciplina en estudio permite un mejor desempeño y asignación de las actividades en la empresa, por lo que se torna necesario el aprovechamiento de la inteligencia para tomar decisiones eficientes en búsqueda del funcionamiento óptimo del área. Adicionalmente, para Palacios (2016) la ingeniería de métodos no es solo aplicable para la administración de la mano de obra, sino que también puede ser importante en otras áreas o circunstancias para alcanzar el mejor desempeño, dicho escenario se muestra en la siguiente figura.



*Figura 3* Aplicaciones de la ingeniería de métodos

Fuente: Palacios (2016)

En la figura anterior se observa que la ingeniería de métodos posee aplicaciones importantes en otros rubros del sector industrial donde realiza grandes aportes. Además de la conocida relevancia en la gestión de la mano de obra se muestra que colabora en los procesos de mantenimiento de equipos, puesto que realiza una segmentación entre la maquinaria más útil para cada tipo de trabajo, también determina un mejor uso de los materiales, el análisis de indicadores para medir el funcionamiento de la productividad en la planta, evalúa las actividades manuales en la producción para una mejor asignación de recursos y trabajadores y finalmente, establece procedimientos claros para la carga y descarga de materiales como parte de una conservación de la salud de los trabajadores, hacia este último punto se han encontrado numerosos estudios sobre su importancia en disciplinas ergonómicas y en el cuidado de los movimientos del colaborador.

### 1.8.2 Diagrama de Ishikawa

Para Valenzuela (2000), el Diagrama de Ishikawa es también conocido con el nombre de espina de pescado (por su forma), o también llamado diagrama causa-efecto (CE). Esta es una herramienta que ayuda a estructurar la información ayudando a dar claridad, mediante un esquema gráfico, de las causas que producen un problema, pero en si no identifica la causa raíz. Esta herramienta provee las siguientes funcionalidades básicas: · Es una representación visual de aquellos factores que pueden contribuir a un efecto observado o fenómeno estudiado que está siendo examinado. La interrelación entre los posibles factores causales queda claramente especificada. Un factor causante puede aparecer repetidamente en diferentes partes del diagrama. Las interrelaciones se establecen generalmente en forma cualitativa e hipotética. Un diagrama CE es preparado como un preludeo al desarrollo de la información requerida para establecer la causalidad empírica.

El Diagrama de Ishikawa tiene algunas fortalezas y beneficios tales como:

- Ayuda a encontrar y a considerar todas las causas posibles del problema.
- Ayuda a determinar las causas raíz de un problema o calidad característica, de una manera estructurada.
- Anima la participación grupal y utiliza el conocimiento del proceso que tiene el grupo.
- Ayuda a focalizarse en las causas del tema sin caer en quejas y discusiones irrelevantes.
- Utiliza y ordena, en un formato fácil de leer las relaciones del diagrama causa-efecto.
- Aumenta el conocimiento sobre el proceso, ayudando a todos a aprender más sobre los factores referentes a su trabajo y como estos se relacionan.

- Identifica las áreas para el estudio adicional donde hay una carencia de información suficiente

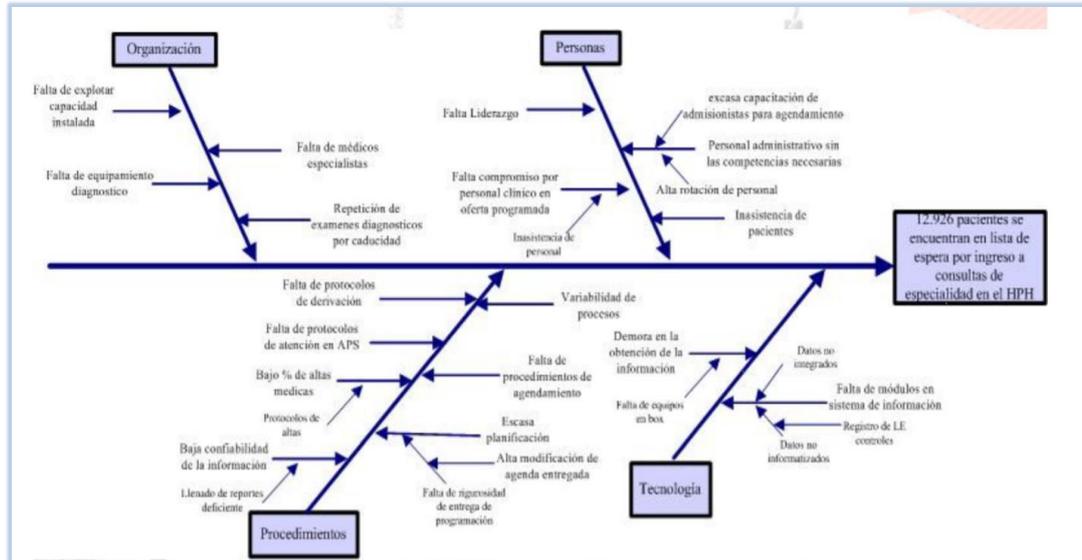


Figura 4 Representación del Diagrama de Ishikawa

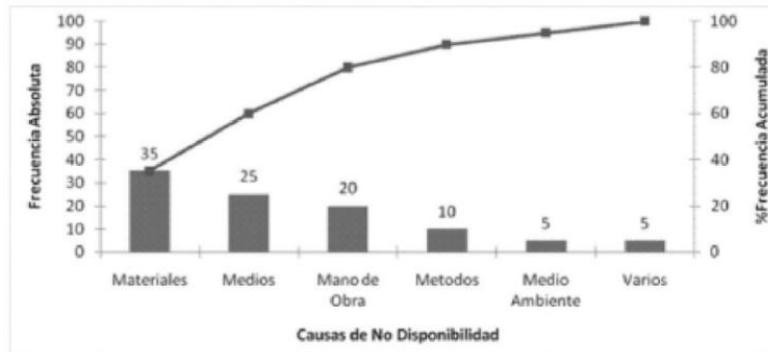
Fuente: Valenzuela (2000)

### 1.8.3 Diagrama de Pareto

Para López (2016), el diagrama de Pareto es un método de análisis que permite discriminar entre las causas más importantes de un problema y las menos importantes. Se fundamenta en la teoría de que las causas de los problemas se pueden clasificar de dos formas: las importantes (los menos frecuentes) y las triviales (más frecuentes). Está basado en el principio de Pareto, según el cual el 80% de los efectos están originados por un 20% de problemas. El diagrama de Pareto visualiza la distribución de los factores y brinda datos como causas de problemas o fuentes de error, las frecuencias y las probabilidades. Todos estos datos permiten que los gerentes visualicen de forma rápida y sencilla los problemas existentes, por orden de importancia. Por lo tanto, se enfocan en aquellos elementos que resulta mejorar primordialmente, de manera que no se pierdan tiempo ni otros recursos. Al ejecutar un plan inmediato de resolución de fallas se pueden evitar otros inconvenientes. Su visión en estilo de gráfico elimina la complejidad para entender las variables y mejorar continuamente en toda la organización. Durante años se ha comprobado la utilidad del diagrama de Pareto en diferentes áreas a saber:

- Identificar las causas de los problemas según su nivel de importancia.

- Establecer objetivos para mejorar cuidando la eficiencia de los recursos usados en cada tarea.
- Comparar si los planes resultan efectivos mediante la aplicación de diagramas en diferentes momentos.
- Investigar efectos y analizar causas.
- Presentar los datos a todos los integrantes de la organización para conozcan los errores.



*Figura 5* Representación del Diagrama de Pareto

Fuente: López (2016)

#### 1.8.4 Estudio de tiempos

De acuerdo con Brenes (2015) esta dimensión proporciona importante información sobre el tiempo necesario para efectuar cada una de las actividades dentro de la producción, lo cual se fundamenta en el análisis empírico de la información sobre las condiciones estándar para una correcta medición. A través del estudio a profundidad sobre los tiempos en el análisis se establecen los estándares para cada una de las actividades, ello permite comparar los avances de cada trabajador y así determinar la mejor asignación de labores.

##### 1.8.4.1. Requerimientos

Antes de emprender el estudio hay que considerar, básicamente, lo siguiente:

- Para obtener un estándar es necesario que el operario domine a la perfección la técnica de la labor que se va a estudiar.
- El método a estudiar debe haberse estandarizado
- El empleado debe saber que está siendo evaluado, así como su supervisor y los representantes del sindicato

- El analista debe estar capacitado y debe contar con todas las herramientas necesarias para realizar la evaluación
- El equipamiento del analista debe comprender al menos un cronómetro, una planilla o formato pre impreso y una calculadora. Elementos complementarios que permiten un mejor análisis son la filmadora, la grabadora y en lo posible un cronómetro electrónico y una computadora personal.
- La actitud del trabajador y del analista debe ser tranquila y el segundo no deberá ejercer presiones sobre el primero

#### **1.8.4.2. Objetivos del estudio de tiempos**

- Minimizar el tiempo requerido para la ejecución de trabajos.
- Conservar los recursos y minimizar los costos.
- Efectuar la producción sin perder de vista la disponibilidad de energéticos o de la energía.
- Proporcionar un producto que es cada vez más confiable y de alta calidad.

#### **1.8.5 Diagrama de Operaciones de Procesos**

Para Rodríguez (2017), el diagrama de operaciones del proceso (DOP), es el diagrama que muestra las operaciones e inspecciones de un sistema de producción. Es la representación gráfica y simbólica del acto de elaborar un producto o proporcionar un servicio, mostrando las operaciones e inspecciones efectuadas o por efectuar, con sus relaciones sucesivas cronológicas y los materiales utilizados. En este diagrama sólo se registran las principales operaciones e inspecciones para comprobar la eficiencia de aquellas, sin tener en cuenta quién las efectúa ni donde se llevan a cabo. El DOP deberá ser utilizado en las siguientes circunstancias:

- Cuando se planifica un método o un proceso, ya que es más barato ajustar los cambios en el papel que en la práctica.
- Apoyo a la distribución en planta.
- Una fuente de sugerencias para la compra de nuevos equipos y diseños de herramientas.
- Para la toma de decisiones, en la aplicación de un nuevo procedimiento, efectuar algunos cambios y modificar el número de operaciones.

Entre los objetivos se puede mencionar que proporcionar una imagen clara de toda la secuencia de los acontecimientos del proceso, permite estudiar todas las fases del proceso en forma sistemática o mejorar la disposición de los locales y el manejo de los materiales con el fin de disminuir las demoras, comparar dos métodos y estudiar las operaciones para eliminar el tiempo improductivo y finalmente, otorga la posibilidad de estudiar las operaciones e inspecciones interrelacionadas dentro de un mismo proceso.

Símbolo	Actividad	Definición
	Operación	Se lleva a cabo cuando una parte bajo estudio se transforma intencionalmente, o cuando se estudia o se planea antes de que se realice cualquier trabajo productivo en dicha parte.
	Inspección	Ocurre cuando un objeto o grupo de ellos son examinados para su identificación o para comprobar y verificar la calidad o cualquiera de sus características.

Figura 6 Símbolos DOP

Fuente: Rodríguez (2017)

De acuerdo con Rodríguez (2017) las líneas verticales indican el flujo general del proceso a medida que se realiza el trabajo, mientras que las líneas horizontales que alimentan a las líneas de flujo vertical indican materiales, ya sea comprados o elaborados durante el proceso. El diagrama del proceso operativo se construye de tal manera que las líneas de flujo verticales y las líneas de materiales horizontales no se crucen. Si es estrictamente necesario el cruce de una línea vertical con una horizontal, se debe utilizar la convención para mostrar que no se presenta ninguna conexión; esto es, dibujar un pequeño semicírculo en la línea horizontal en el punto donde la línea vertical lo cruce. Los valores del tiempo, basados en estimaciones o en mediciones reales, pueden asignarse a cada operación o inspección.

Los elementos incluidos en el diagrama de operaciones de proceso son los siguientes:

A.- Título “Diagrama de operaciones de proceso”

B.- Encabezado

- Descripción o concepto ü
- Indicar si es un método actual o método propuesto
- Número del plano
- hoja
- Número de la pieza u otro número de identificación
- Fecha de elaboración del diagrama

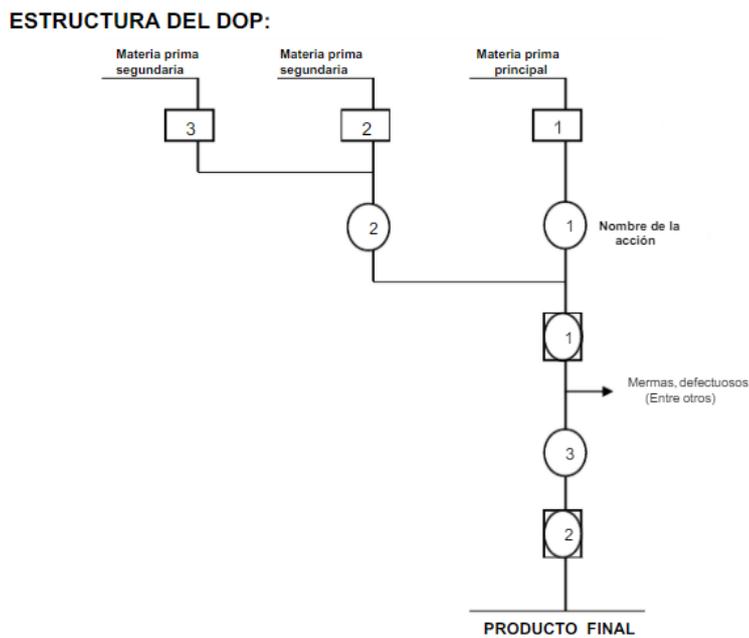
- Nombre de la persona que lo elaboró
- Otros: Número de gráfica, la planta, el edificio y el departamento

C.-Diagrama: Representación simbólica de los datos.

D.- Resumen

- Actividad
- Cantidad
- Tiempo
- Total (cantidad y tiempo)

En ciertos casos es necesario realizar operaciones combinadas, se presentan cuando se desean indicar actividades conjuntas por el mismo operador en el mismo puesto de trabajo. El símbolo incluye a las actividades de operación e inspección.



*Figura 7* Representación del Diagrama de Operaciones del Proceso

Fuente: Rodríguez (2017)

### 1.8.6 Diagrama analítico de procesos

Para herrera y Henríquez (2009) es una técnica que consiste en hacer un análisis muy detallado del proceso, básicamente con la intención de reducir el tiempo, la distancia, o ambos parámetros dentro de un proceso que ya está en funcionamiento. El cursograma analítico es

más apropiado utilizarlo para estudios de redistribución de planta, esto limita su uso en proyectos de ampliación de la capacidad de instalaciones y por supuesto, en estudios de redistribución de áreas. Una vez trazado el cuadro general de un proceso se puede entrar en mayores detalles. La primera etapa consiste en hacer el cursograma analítico, para lo cual se determina lo siguiente:

- Cursograma de Operario: Diagrama donde se registra lo que hace la persona que trabaja.
- Cursograma de Material: Diagrama en donde se registra cómo se manipula o trata el material.
- Cursograma de Equipo: Diagrama en donde se registra cómo se usa el equipo.

Para Huertas y Domínguez (2015) el cursograma analítico se establece en forma análoga al sinóptico, pero utilizando además de los símbolos de operaciones e inspección, los de transporte, espera y almacenamiento. Sea cual sea la base del cursograma que se establezca, siempre se utilizan los mismos símbolos y se aplican procedimientos similares. En realidad solo suele haber un formulario impreso único para los tres tipos, con un encabezamiento donde figura la inscripción (operario, material, equipo), y se tachan los dos que no corresponden. Como es mucho más detallado, el cursograma analítico no abarca, por lo general tantas operaciones por hoja como puede hacerlo el sinóptico, de modo que se acostumbra a establecer un cursograma aparte para cada pieza importante para un ensamblado, a fin de poder estudiar por separado las manipulaciones, esperas y almacenamiento de que es objeto cada una. Por lo antes mencionado, vale la pena señalar ciertos aspectos que nunca se deben olvidar durante la preparación de los diagramas. Son importantes porque se trata del instrumento más eficaz para perfeccionar los métodos: fuera cual sea la técnica que se utilice más adelante, la preparación del diagrama es siempre el primer paso.

- Paso 1. Con la representación gráfica de los hechos se obtiene una visión general de lo que sucede y se entienden más fácilmente tanto los hechos en sí como su relación mutua.
- Paso 2. Los gráficos ilustran con claridad la forma en que se efectúa el trabajo. Aun cuando los obreros no estén al tanto de las técnicas de registro, pueden comprender que un gráfico o diagrama con muchos símbolos de espera o transporte indica la necesidad de introducir modificaciones en los métodos de trabajo.

- Paso 3. Los detalles que figuran en el diagrama deben recogerse por observación directa. Una vez inscritos, puede uno despreocuparse de recordarlos, pero ahí quedan para consultarlos, o para utilizarlos como ejemplo al dar explicaciones a terceros. Los cursogramas no deberán hacerse de memoria, si no a medida que se observa el trabajo.
- Paso 4. Los cursogramas basados en observaciones directas deberán pasarse en limpio con mayor cuidado y exactitud puesto que las copias se utilizarán para explicar proyectos de normalización del trabajo o de mejoras de los métodos, y un diagrama chapuceado siempre hace mala impresión y puede causar errores.
- Paso 5 Para que siempre sigan sirviendo de referencia y den el máximo posible de información, todos los diagramas deberán llevar como encabezamiento espacios donde apuntar:
  - ✓ El nombre del producto, material o equipo representado, con el número del dibujo o número de la clave.
  - ✓ El trabajo o proceso que se realice, indicando claramente el punto de partida y de término y si el método es el utilizado o el proyectado.
  - ✓ El lugar en que se efectúa las operaciones (Fábrica, Local, etc.)
  - ✓ El número de referencia del diagrama y de la hoja y el número de hojas.
  - ✓ El nombre del observador y, en caso oportuno, el de la persona que aprueba el diagrama.
  - ✓ La fecha del estudio.
  - ✓ La clave de los símbolos empleados, por si acaso utilizan el diagrama posteriormente personas habituadas a símbolos distintos.
  - ✓ Un resumen de la distancia, tiempo y si se juzga convenientemente, costo de la mano de obra y de los materiales, para poder comparar los métodos antiguos con los nuevos.
- 6. Antes de dar por terminado el diagrama se debe verificar lo siguiente:
  - ✓ ¿Se han registrado los hechos correctamente?
  - ✓ ¿Se han hecho demasiadas suposiciones y es la investigación tan incompleta que quizá sea inexacta?
  - ✓ ¿Se han registrado todos los hechos que constituyen el proceso?

A modo de ejemplo se muestra el siguiente esquema del diagrama analítico de procesos



### 1.8.8. Definición de términos básicos

- Estudio de movimientos o momentos: término que hace referencia a la ingeniería de métodos (Correo, Gómez y Botero, pg.99)
- Fabricación de piezas metálicas: es el proceso por el cual un tipo de metal como el acero o hierro pasa por un proceso de industrialización y se forma placas, tubos entre diferentes productos más. (Gavidia y Subía, 2015, pg.32)
- Diagrama de Recorrido (DR): es un esquema de distribución de la planta en un plano de tipo bidimensional o tridimensional. (Rodríguez, 2017, pg. 73)
- Productividad: es el índice de relación entre lo producido por un sistema y los recursos empleados para generar un producto. (Carro y Gonzáles, 2018, pg.2)
- Productividad factorial: es la aproximación de la productividad a los niveles de firmas en el contexto de diversos factores y productos (Del Pozo y Guzmán,2019, pg.9)
- Productividad parcial: es aquella que relaciona todo lo producido por un sistema con uno de los recursos o insumos. Es el resultado de la salida Total entre una entrada. (Carro y Gonzáles,2018, pg.3)
- Productividad total: involucra todos los recursos (entradas) empleados en el sistema, es el resultado de la división entre la salida total y la entrada total. (Carro y Gonzáles,2018, pg. 3)
- Husillos de cobre: es un tipo de tornillo de cobre largo con un diámetro mayor aplicado en las prensas. (SKF, 2006, pg. 7)
- Maestranza: es el conjunto de talleres y oficinas destinado a la construcción y mecánica. (Olguín, 2018, pg.16)

## CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

### 2.1 Tipo de investigación

La investigación posee un enfoque cuantitativo puesto que se busca recolectar datos para probar hipótesis planteadas en la investigación con base numérica. Al respecto, se señala que El enfoque cuantitativo utiliza la recolección de datos y el análisis de datos para contestar preguntas de investigación y probar hipótesis formuladas previamente, además confía en la medición de variables e instrumentos de investigación (Ñaupas, Valdivia, Palacios y Romero, 2018, p 140).

Asimismo, la investigación es de tipo aplicada, porque se busca resolver un problema de la realidad. Cabe mencionar que 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 (Ñaupas et al, 2018, p 136).

La investigación es de nivel descriptivo, y de corte longitudinal la investigación descriptiva se guía por las preguntas de investigación que se formula el investigador; cuando se plantean hipótesis en los estudios descriptivos, estas se formulan a nivel descriptivo y se prueban dichas hipótesis. La investigación descriptiva se soporta principalmente en técnicas como la encuesta, la entrevista, la observación y la revisión documental (Salkind, 2006, p12).

#### 2.1.1 Diseño de investigación

En cuanto su diseño de investigación, este estudio se considera como de diseño cuasi experimental, puesto que se para estudiar el posible efecto causal de las intervenciones o de los tratamientos en situaciones abiertas, es decir, fuera del contexto del laboratorio, donde el control es escaso y la aleatorización en la asignación de las unidades no resulta posible (Nekane, 2002, p 19).

Por su alcance temporal, puede definirse como estudios que recaban datos en diferentes puntos del tiempo para realizar inferencias acerca de la evolución del problema de investigación o fenómeno, sus causas y sus efectos. (Hernández y Mendoza, 2018, p 180).

## 2.2 Población y muestra

### 2.2.1 Población

En la presente investigación, la población está conformada por el proceso de producción de husillos, en el cual están involucrados las maquinarias, personal, herramientas, material. Por un periodo de 30 semanas en la empresa Tamefisa 2019.

### 2.2.2 Muestra:

La muestra está conformada por producción de husillos de cobre por 15 semanas antes y 15 semanas (marzo- setiembre del 2019) después de la mejora en la empresa Tamefisa.

## 2.3 Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

### 2.3.1 Técnica de recolección de datos

Para esta investigación usaremos las siguientes técnicas:

- Entrevista.
- Observación directa.

#### 2.3.1.1 Entrevista

- **Objetivo**

Saber cuál es la situación actual en la producción de husillos de cobre, dentro del área de producción de la empresa Tamefisa, y tener conocimientos sobre los procesos, a través de la información brindada por el supervisor de área de producción.

- **Procedimiento**

Se hará una breve entrevista al supervisor de área de producción, dentro de las instalaciones de la empresa Tamefisa. La duración de la entrevista durara 20 minutos aproximadamente.

- **instrumentos**

- Lapiceros.
- Celular.

- Papel.
- Tablero.
- Un banco de preguntas.

### 2.3.1.2 Observación directa

- **Objetivo**

Identificar los procesos y los errores dentro de la producción de husillos de cobre.

- **Procedimiento**

Registrar la producción de husillos de cobre, registrando los procedimientos y los errores hallados, con la ayuda del celular, lapiceros y hojas.

- **Instrumentos**

- 1 celular marca Huawei modelo Y62
- Cronometro marca Casio Hs3-1
- Lapiceros
- Tablero
- Cuaderno
- Cinta métrica

## 2.3.2 Métodos, instrumentos y procedimientos de análisis de datos.

### 2.3.2.1 Técnicas de estadística descriptiva

Se aplicará las siguientes herramientas estadísticas como:

- Diagrama de Ishikawa: Consiste en la identificación de las causas que dan lugar a un resultado o efecto específico. En dicho diagrama se ordena la información del proceso que se analiza en categorías globales y se ubican las posibles causas que ocasionan el problema. El diagrama de Ishikawa puede incluir causas de orden primario y causas de orden secundario.
- Diagrama de Pareto: Se trata de un método útil para discernir entre las causas de mayor relevancia de un problema y las causas de menor relevancia. En el diagrama elaborado se puede observar un segmento que contiene a las principales causas del problema y otro segmento con las causas secundarias o de menor importancia. A

partir de los resultados del Diagrama de Pareto se pueden establecer los objetivos para mejorar o resolver las principales causas del problema.

- Diagrama de operaciones de procesos: Conocido como DOP, consiste en un diagrama que contiene información sobre las operaciones e inspecciones de un proceso productivo; en el diagrama se muestra, cronológicamente, la relación que existe entre las operaciones del proceso y las herramientas que se utilizan en su desarrollo. Este diagrama permite visualizar el diseño del proceso y da lugar a modificaciones según se requiera.
- Diagrama analítico de procesos: También conocido como DAP, se define como un mecanismo para analizar el proceso de manera detallada, se identifican las operaciones y se relacionan los tiempos que necesitan para su desarrollo. Con frecuencia se utiliza para la evaluación de proyectos de ampliación y redistribución de instalaciones. Entre otros detalles, el DAP incluye la actividad exacta que se realiza en cada operación y el material o insumo trabajado.

### 2.3.2.2 Programas

Se usara los siguientes programas para este estudio:

- Visio: Se trata de un programa diseñado exclusivamente para crear diagramas y flujogramas, permite conectar los datos en tiempo real con los flujos de trabajo en la empresa. En este software la información se mantiene actualizada y se encuentran detalles de las operaciones, planos de planta, entre otros; a su vez, el software ofrece plantillas prediseñadas para la creación de los diagramas. Para la realización del presente estudio, este programa será de utilidad en la creación de los Diagramas de Análisis de Procesos y los Diagramas de Operaciones de Procesos.
- Microsoft Excel: Software utilizado para el cálculo y análisis de datos. Se trata de una hoja de cálculo que incluye herramientas graficas como tablas y automatización de operaciones. Se utilizará este programa para la sistematización y tratamiento de la información.
- Microsoft Power Point: Es un software útil para crear presentaciones con diapositivas; las diapositivas pueden incluir texto, imágenes, transiciones, animaciones y sonidos

según la creatividad del usuario. Esta herramienta es de gran utilidad para las sesiones de aprendizaje y difusión de contenido a grupos cerrados; con normalidad se utiliza en instituciones públicas y privadas para dar a conocer programas o proyectos. Para el caso del presente estudio, dicho software será de utilidad en las capacitaciones que se brindará al personal trabajador.

- AutoCAD 2015: Conocido por su versatilidad en la realización y edición de gráficos en 2D y 3D, utilizando sólidos, superficies y diversos objetos. En esencia, se trata de un software que permite moldear estructuras y áreas tanto en temas de arquitectura como en ingenierías o diseño gráfico. El uso de AutoCAD 2015 resulta importante en el presente estudio ya que permitirá ilustrar las dimensiones de la estructura de la empresa.
- Minitab: Software utilizado para realiza la prueba de hipótesis, donde se examina dos hipótesis sobre una población: la hipótesis nula (si no hay cambios en los indicadores) y la hipótesis alternativa (si hay cambios en los indicadores de la mejora). Es decir, en la hipótesis alternativa se busca evidenciar que la mejora con la ingeniería de métodos impacta en la producción

## 2.4 Procedimiento

### 2.4.1. Diagnostico situacional de la empresa

La Empresa Taller Mecánica Fina (TAMEFISA) inició sus operaciones en el año 1977, fue fundada por el empresario judío Michael Skura, años después la empresa la heredaría su hijo Moises Skura quien al día de hoy continua con las operaciones, la empresa Tamefisa cuenta con una sola sucursal la está ubicada en el Jr. Tarapoto 1175 – Breña, La empresa desde sus inicios se dedica a la fabricación de piezas, partes y repuestos para la industria metalmeccánica nacional. La fabricación de piezas a medida se da acorde a cada cliente. Sus trabajos de fabricación de piezas metálicas se realizan siguiendo altos estándares de calidad lo que ha permitido colocarlo entre las principales empresas de la industria metalmeccánica Peruana, compitiendo con empresas mucho más grandes como EDIPESA, AFRA S.A.C, etc. Con 40 años de existencia, TAMEFISA cuenta con gran experiencia en el mercado, con miras a seguir con los servicios de calidad con nuestros clientes, ofrecerles siempre soluciones rápidas y de una fiabilidad innegable.

### a. Descripción

TAMEFISA es una empresa metalmecánica peruana con más de 40 años al servicio de la industria nacional. Atiende pedidos a nivel nacional y fabrica piezas a medida acorde a las necesidades de cada cliente. Todos los trabajos realizan siguiendo los más altos estándares de calidad internacionales y los productos son de una calidad y fiabilidad que le ha permitido colocarse entre las principales empresas de la industria metalmecánica peruana. TAMEFISA es sinónimo de calidad, con precios competitivos y la fiabilidad de sus productos hacen posible de cada día más empresas confíen en la empresa. Es por eso que se compromete a seguir brindando a sus clientes un servicio de calidad, entregas a tiempo y precios justos.



*Figura 9* Imágenes de la empresa

Fuente: Elaboración propia

### b. Misión

- Brindar un servicio eficiente, oportuno y personalizado de manera que se logre la satisfacción a las necesidades y expectativas nuestros clientes.
- Ser la mejor alternativa en cuanto a calidad y precio, ofreciendo soluciones integrales e innovadoras a nuestros clientes.
- Impulsar el continuo desarrollo profesional de nuestro personal, crecimiento sostenido generando así un alto nivel de confianza y seguridad en el trabajo.

### c. Visión

Ser reconocidos como una Empresa líder en el mercado nacional para el año 2021 (en el bicentenario del Perú), con la introducción de 02 Centros de Mecanizado vertical de última generación para el año 2019 se podrá duplicar la producción actual logrando

acercándonos a nuestro objetivo del año 2021. Siempre con la satisfacción total de nuestros clientes brindando la mejor calidad.

#### d. Cadena de valor

En la cadena de valor de la empresa se muestra los siguientes procesos, tal como se observa en la figura 10:

- **Logística:** Esta área se encarga de negociar los precios con los proveedores, envía las cotizaciones y hace una evaluación en cuanto al precio, acuerda la forma de pago, calidad del producto, fecha de entrega. Por otro lado también es responsable de hacer seguimiento a las órdenes enviadas al proveedor hasta que el o los productos son traídos al almacén.
- **Administración:** Esta área se encarga de los principales trámites de funcionamiento de la empresa, también se encarga de los pagos a terceros, pagos del personal y control de ingresos y salidas de dinero generando balances mensuales para un control financiero de la empresa.
- **Producción:** Esta área se divide en dos bloques.
  - **Soldadura:** En esta área cuenta con los siguientes servicios:
    - Soldadura eléctrica de electrodo revestido (SMAW), equipos de corriente alterna, así como corriente continua.
    - Soldadura MIG-MAG (SMAGW), con velocidades de soldeo más que el SMAW, soldaduras sin empalmes.
    - Soldadura TIG (GTAW), soldadura de alta calidad y elevada pureza metalúrgica.
  - **Mecanizado:** En esta área cuenta con equipos como torno cnc, tornos paralelos, taladros, rectificadoras, fresadoras, prensadoras, centro mecanizado vertical. Trabajando con diferentes materiales entre ellos: aceros especiales, acero al carbono, acero fundido, inoxidable, bronce, aluminio, duraluminio, fierro fundido, planchas de acero, cobre, zamac, etc. (La generación de estos residuos varían de acuerdo a los trabajos que se programan en la planta).

**CADENA DE VALOR**

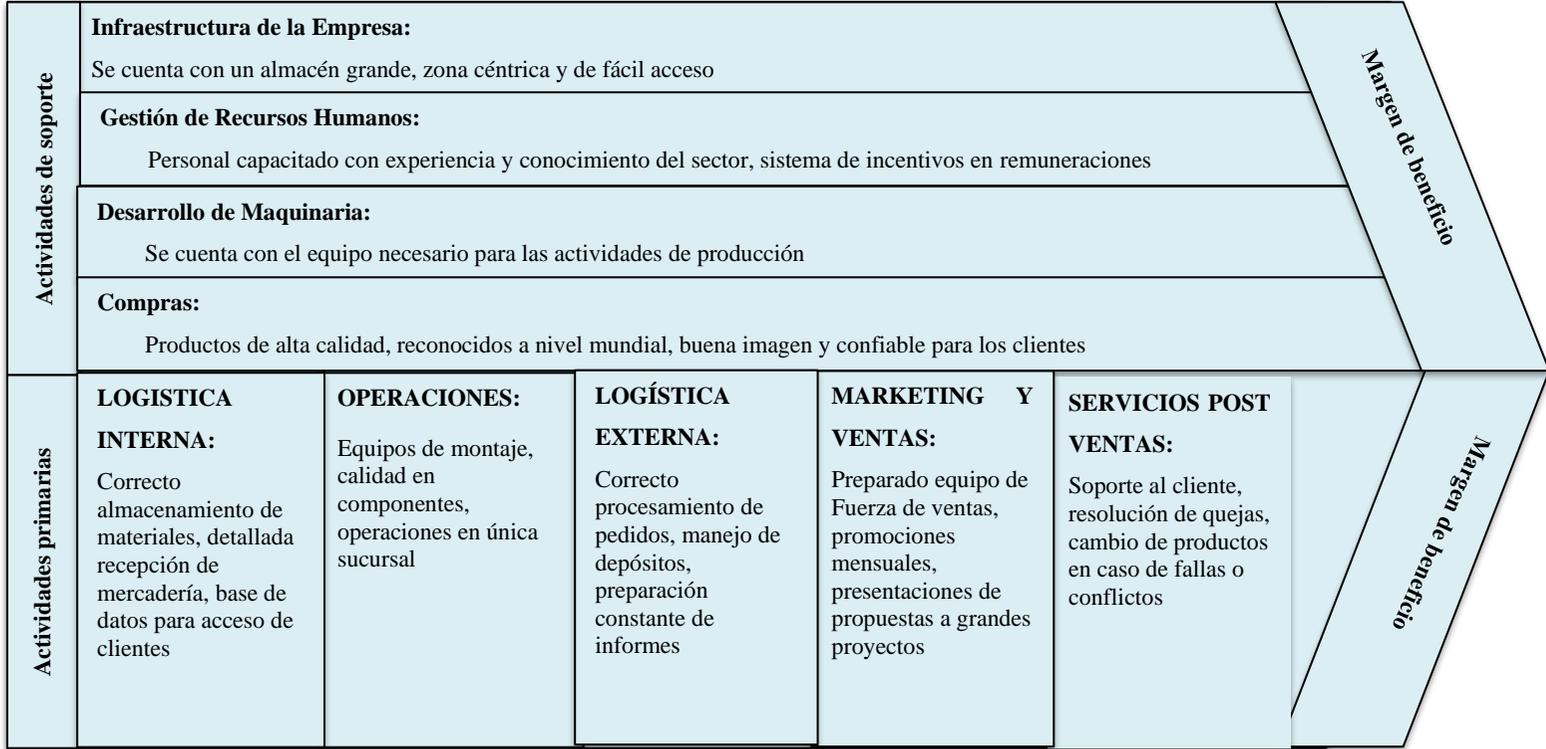


Figura 10 Cadena de valor

Fuente: Elaboración propia

### e. Productos, servicios, clientes, proveedores

#### - Productos:

En Tamefisa se fabrica productos de mejor calidad y a precios muy competitivos para el mercado. La empresa trabaja con diversos grupos industriales de diferentes rubros, entre sus productos más solicitados se encuentran los siguientes, siendo los 5 primeros más del 50% del ingreso de la empresa. Entre los productos más solicitados se encuentran (Ver Anexo 2):

- Ejes y bocinas para bombas. (15%)
- Husillos de cobre. (14%)
- Piñones rectos, helicoidales (13%)
- Ejes rodillos, soportes. (11%)
- Pines, bocinas, bridas. (10%)
- Ejes de locomotora. (9%)
- Ruedas en general (8%)
- Pernos y tuercas especiales. (7%)
- Anclajes. (5%)
- Ruedas para carro minero. (3%)
- Baldes de flotación. (3%)
- Estructuras metálicas. (2%)

#### - Servicios

La empresas TAMEFISA, realiza diferentes servicios de la más alta calidad y acorde a lo que exige al mercado, gracias al personal técnico calificado que cuentan con la experiencia y el conocimiento idóneo para este tipo de tareas. Entre los servicios más solicitados se encuentran los siguientes, siendo los 3 primeros más del 70 % del ingreso de la empresa.

- Fabricación de estructuras metálicas. (40%)
- Manufactura de piezas y repuestos. (25%)
- Manufactura de repuestos en aleaciones específicas. (15%)
- Rectificaciones. (15 %)
- Servicios de asesoría técnica. (5%)

- **Insumos**

En TAMEFISA trabajan con materiales de primera calidad, entre los principales se encuentran aceros especiales, aceros al carbono, acero fundido, inoxidable, bronce en los diferentes SAE, bronce grafitado, aluminio, duraluminio, fierro fundido, planchas de acero, cobre, zamac, etc.

- **Clientes**

La empresa TAMEFISA fabrica sus piezas a los siguientes clientes de acuerdo al rubro industrial o minero tal como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 2

*Productos de la empresa*

Sector Industrial	Sector minero
GLORIA	YURA
UNACEM	TUMI S.A.
TRUPAL	FERROSA
AJE	SHOUGANG
QUIMPAC	DOE RUN

Fuente: TAMEFISA (2020)

- **Proveedores**

Entre los principales proveedores para el abastecimiento de metales, acero y cobre se encuentran Cupralsa S.A.C. y -Alea Metal S.A.C., empresas reconocidas en el medio por su alta calidad.

## 2.4.2. Diagnóstico del área de estudio

### 2.4.2.1. Descripción del proceso de producción

Para la propuesta de mejora se ha elegido a la producción de husillos de cobre como el proceso clave puesto que pertenece al producto de mayor rotación en la empresa, siendo uno de los elementos más recurrentes en los pedidos de grandes clientes por lo que su elaboración siempre se encuentra presente en la jornada diaria. De forma complementaria,

este procedimiento sirve a su vez como guía para la fabricación de otros productos dado que cuenta con pasos que se repiten en otros procedimientos de mayor complejidad. Por otro lado, se ha elegido el proceso de fabricación de husillos de cobre puesto que los autores se encuentran directamente relacionados con este tipo de elaboración en la empresa de análisis. A partir de ello, se procede a describir los pasos o lineamientos para el proceso de producción en las siguientes líneas.

**a. Análisis del proceso del husillo de cobre.**

La fabricación del husillo de cobre, tiene el siguiente proceso:

- **Corte en la sierra mecánica**, en la sierra mecánica se corta a 4 barras de 1000 mm de longitud.
- **Mecanizado primer lado del husillo (refrentar, cilindrar, ranurar, troncar a longitud)**, luego de taladrar, el torno CNC realiza las 4 operaciones de acuerdo a la programación del operario, cortando a 235 mm de longitud.
- **Mecanizado del segundo lado del husillo (cilindrar, ranurar, roscar)**, en el otro torno CNC, se sujeta la pieza, luego se cilindra y rosca la segunda parte del husillo.
- **Realizar canal a fresadora**, se sujeta en la fresadora con una mordaza de sujeción, realizando el canal de acuerdo al plano.
- **Lijar, dar acabado en el torno**, en el torno convencional se sujeta el husillo, y se empieza a dar acabado con lija, hasta llegar a un acabado brillante.
- **Inspección y Embalaje**, se verifica la calidad de los husillos, con unos patrones y pernos, aquellos rechazados retornan al paso N°8.
- **Almacenaje de los husillos**, se almacenan los husillos.

## b. Recursos utilizados

Para el la fabricación de los husillos de cobre, la empresa cuenta con los siguientes recursos que serán detallados en las tablas a mostrar posteriormente. Para analizar los recursos se trabajará con las 7M que componen todo proceso productivo.

- Cultura organizacional: mentalidad, compromiso para lograr las metas con un alto nivel de calidad en el servicio, además de dar charlas de seguridad de forma periódica (semanal), para una buena práctica dentro de la empresa.
- Activos, se cuenta con equipos y maquinaria adecuada para los procesos, como 3 tornos CNC, dos centros mecanizados verticales, 4 tornos convencionales, 1 cepillo, 1 taladro radial, 2 fresadoras 1 rectificadora, 1 sierra mecánica. Ver tabla 4

Tabla 4

### *Maquinaria*

CANTIDAD	DESCRIPCION
1	Sierra mecánica alternativa 24 pulgadas marca SABI
1	Torno CNC 600 mm x 2000 mm marca SMTCL
1	Torno CNC 450 mm X 1500 mm marca SMTCL
1	Torno CNC 400 mm X 1500 mm marca SMTCL
1	Torno horizontal 850 mm x 2500 mm marca SMTCL
1	1 torno horizontal 300 mm x 1000 marca SMTCL
1	Fresadora universal N° 3 marca TOS TRENCIN

- Personal, la empresa con personal técnico egresados de diferentes institutos, además que ellos ya tienes más de 5 años laborando en la empresa, así como personal ayudante. También cuenta con un supervisor de producción , vendedores, personal administrativo (Ver tabla 5)

Tabla 5

### *Personal de trabajo*

	PUESTO DE TRABAJO
OPERARIOS	6
AYUDANTE	3

Fuente: Elaboración propia

- Sistemas, Formas de trabajo, procedimientos en cada actividad, aunque en algunos trabajos si se encuentre procedimientos establecidos, la mayoría de los procesos no se encuentra una metodología, solo se basan en la experiencia que han adquirido en los años y en la repetición de los trabajos. Para esto realizan un plan semanal de producción. (ver figura 11 )

SEMANA 51						
Máquina	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO
CNC 3 TURNO DIA	Copla de ac. Fdo, doble brida 68 x 160 x 170mm -2011UNA1014- 5 UND Abrazadera en "U" M16-1210UNA947-20 UND(ROSCADO)	POLEA Y EJE MPOTRIZ-2111GLO1022-36 UND (MECANIZADO DE EJES)	Varillas roscadas 16 x 330mm Tambor Cola-0511YUR990-35 UND		Buje escobilla limpia Boquilla -2011GLO1018-18 UND	
CNC 2 TURNO DIA	MEC. DE TUMI DEVOLUCION VASTAGO DE 1/2- 2111COR1023-50 UND (MECANIZADO)	VASTAGO DE 1/2- 2111COR1023- 55 UND (TALADRADO)		POLEA Y EJE MPOTRIZ-2111GLO1022-36 UND(MECANIZADO ALUMINO E INOX)	Eje Cabezal Magnético- Celda -2011GLO1019-2 UN	
CNC 1 TURNO DIA	POLEAS DE SHOUGANG -2410SHO973-3 UND(CANALES)	Tuerca Hex. br 1-3/8"x16mm IT 7-0911QUI992- 40 UND(TRONZADO ,TALADTRADO, REFRENTADO)	VASTAGO DE 1/2- 2111COR1023-30UND (TALDRADO)	Tuerca Hex. br 1-3/8"x16mm IT 7-0911QUI992- 40 UND(ROSCADO)	POLEA Ø140XØINT. 84 X 35MM -1211UNA997-20 UND	
TORNO 1- TENORIO	EJE DE ACERO BOELER	Rueda riel con pestaña (42CrMo) 200mm x 500mm x 140mm-1212FER1061	EJE DE TAMBOR Y REENVIO(TORNEADO)	POLEAS Y TAPERLOCK DE SHOUGANG-2410SHO974-4 UND		CRUCETA DE CELDA-TRUPAL-12 UND
TORNO 2- MOLERO	POLEAS Y TAPERLOCK DE SHOUGANG-2410SHO974-4 UND		Eje Ø250 x 2117 Ptelevador inclinado S/pl. 30125555-1.0-2011UNA1015-2011UNA1015			Eje rueda carro transp. Fleetwood S/p 2LEEE60CT005-0312GLO1047-2 UND
TORNO 3 CAMPOS	TAPERLOCK SHOUGANG -2410SHO974-4 UND EJE PARA CANGUILON UNACEM-	POLEA Y EJE MPOTRIZ-2111GLO1022-36 UND		TAPERLOCK SHOUGANG-12 UND	Acople hembra agitador batea MC-2997-0612ETE1050-5 UND	

Figura 11. Sistemas de trabajo

Fuente: Área de producción

- Capital de trabajo: las ventas de las piezas producidas es la principal fuente de ingresos para la empresa TAMEFISA, tal como se muestra en la figura 12, así esto conforma casi el 90% el ingreso de la empresa, aunque también cuenta con la venta de maquinarias y asesorías técnica, pero en un menor grado.

CLIENTE	CAN	UND	DESCRIPCION	SOLES APROX	Código OP
UMNACEM	30	Und	Canguilon 1210 x 450 x 545 C/Rueda PL 21844 Material : Corten B	S/ 22,000.00	0501UNA271
UNACEM	1	Und	Disco central A-36, Chancadora Titan 2 Nota: Se fabricará en material A-36 unido por medio de soldadura, incluye bocinas de acero SAE 4140	S/ 11,750.00	2603UNA553
	34	Und	Lampon cadena arrastre PHB S/P: S-1022,S-1023	S/ 35,625.00	1607GLO753
UNACEM	20	Und	Abrazadera en "U" M16 x 775mm s/pla.963	S/ 1,960.00	1210UNA947
FERROSA	1	Und	Rueda riel con pestaña (42CrMo) 200mm x 500mm x 140mm	S/ 608.40	1212FER1061
UNACEM	24	Und	Copla de ac. Fdo, doble brida 68 x 160 x 170mm material VCL, Templado y endu	S/ 9,960.00	1911UNA1010
UNACEM	200	UND	Media Aleta 20mm ASTM A36 P/fijac. Baldes s/pl 16361 Rev. 0	S/ 2,400.00	2210UNA967
CORONA	50	Und	Vastago con tuerca Universal P/manguera 1/2	S/ 2,366.00	2111COR1023
CORONA	50	Und	Vastago con tuerca Universal P/manguera 1	S/ 2,366.00	2111COR1024
UNACEM	1	UND	EJE Y TAMBOR DE REENVIO Ø705X662 S/P23014	S/ 3,500.00	1306UNA666
QUIMPAC	40	UND	Tuerca Hex. br 1-3/8"x 16mm IT 7	S/ 1,149.00	0911QUI992
GLORIA	36	Und	Polea/eje motriz/ transp. Transv. S/P: 2LEFC64PE008-1	S/ 2,880.00	2111GLO1022
YURA	35	UND	Varillas roscadas 16 x 330mm Tambor Cola	S/ 1,470.00	0511YUR990
UNACEM	20	UND	Polea Øext. 140mm x Øint. 84mm x 35mm ancho y 2 canales P/faja eslabonada	S/ 2,400.00	1211UNA997
UNACEM	1000	Und	Anclaje en V 8 x 76mm C/tapon AISI 310	S/ 2,300.00	2811UNA1038
SHOUGANG	4	UND	GGG40-11" Polea de radios tipo "C" de 11 de diam. c/5 canales para faja trapec	S/ 7,200.00	2410SHO974
				S/ 109,934.40	

Figura 12 Capital de trabajo

Fuente: Área de producción

- Clima interno, tienen presión en realizar los trabajos , debido a que tienen que fabricar las piezas antes de culminar la fecha de entrega pactada , esto se debe que hay muchos atrasos en la llegada de los materiales, avería de maquinarias , falta de insumos, o ausencia de operadores.
- Materiales: como la materia prima y los insumos en diferentes grados de importancia , conforman los materiales , los cuales ya tienen proveedores establecidos , debido a la calidad de sus materiales, y por la forma de pago que se realiza .

Tabla 6

*Materia prima*

CANTIDAD	DESCRIPCION
100	Barras de cobre de Ø 300 mm x 4000 mm de longitud

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3

*Herramientas*

CANTIDAD	DESCRIPCION
2	porta herramienta exterior modelo PCLNR 2525 M12 marca MITSUBISHI
2	porta herramienta exterior PRDCN2525M12 marca SANT
2	Portaherramientas exterior modelo PCLNR 2525 M12 marca MITSUBISHI
4	chuck porta brocas cono morse N° 3 marca JACOBS
1	Lama de tronzado profundo G1042 marca WALTER
1	Mordaza mecánica marca ROHM
1	Hoja de sierra circular 50.8 x 3.2 x 25 mm marca PILANA
1	Llave de boca de 19 mm marca STANLEY
5	Calibradores marca MITUTOYO

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4

*Insumos*

CANTIDAD	DESCRIPCION
2	Cuchilla HSS ½ x 5” marca URANGA
2	Herramienta de corte TNMG220404
2	Herramienta de corte GYM0300F030N
2	Herramientas de corte GY
1	Cono morse
2	juegos de machos M16 X 2 marca URANGA
1	Palanca para pasar macho
2	Planchas de lija
2	Botellas de medio litro de aceite para mecanizado
1	Compresora
2	Peine para fierro
2	Limas triangulares
4	Cajas de cartón
2	Carros de fierro

Fuente: Elaboración propia

#### 2.4.2.2. Matriz SIPOC

EL SIPOC, nos ayuda a identificar la relación de los procesos que implican la fabricación de los husillos de cobre, además sus entradas, proveedores y clientes, como se aprecia en la tabla 9.

- **Proveedores:** Para la producción de los husillos se requiere materia prima, para lo cual se cuenta con dos empresas proveedores estandarizados para la adquisición cobre (Cupralsa, Alea Metal). Debido a sus condiciones de pago, calidad del material, experiencia de compra (5 años aproximadamente). Para adquirir herramientas como broca, machos, y otros insumos se cuenta con TAMEFISA y otros proveedores externos (se compran insumos o materiales que pueden ser adquiridos por ejemplo en una ferretería pero que no se realiza compras constantes).
- **Entradas:** Para la fabricación, la empresa TAMEFISA cuenta con dos tornos CNC, una fresadora, una sierra mecánica, un torno convencional, quienes son

manejados por los operadores técnicos, así también cuenta con ayudantes que tendrán la función de trasladar el material para las diferentes maquinas. Este proceso se hará bajo las medidas que indique el plano de fabricación, también cuenta con una buena iluminación y una infraestructura adecuada.

- **Procesos:** el proceso de fabricación de los husillos de cobre, cuenta con 9 pasos, empezando con el corte en la sierra mecánica a 1000 mm de longitud, para después pasar por el torno CNC, para el mecanizado del primer lado, luego llevarlo al siguiente torno CNC para mecanizar el segundo lado, para después hacer un canal en la fresadora universal, terminando en el acabado en un torno convencional. luego pasa al área de productos terminados e inspección.
- **Salida:** Es el husillo de cobre terminado, después de todos los procesos, además de todos los reportes de gastos que se han realizado durante la fabricación, también todos los residuos de los materiales que se venden después, para recuperar la inversión.
- **Clientes:** los husillos de cobre se fabrican para las empresas Quimpac, Wet Chemical Perú S.A, Industrias Nacol, que lo utilizan para la fabricación de la soda caustica, a través de la electrolisis. La soda caustica se utiliza para diferentes productos, como detergentes, lubricantes, etc.

Tabla 9

Matriz SIPOC

SUPPLY (PROVEEDORES)	INPUT (ENTRADAS)	PROCESS (PROCESO)	OUTPUT (SALIDA)	CUSTOMERS (CLIENTES)
<p>- Cupralsa S.A.C.</p> <p>-AleaMetal S.A.C.</p> <p>-TAMEFISA y proveedores externos.</p>	<p><b>Mano de obra:</b> -técnicos, ayudantes, supervisor de producción.</p> <p><b>Materiales:</b> -Planos. -Barras de cobre de 38 x 4000 -Insumos, herramientas.</p> <p><b>Maquinaria:</b> -Centro mecanizado CNC, torno CNC, torno convencional, sierra mecánica, fresadora universal.</p> <p><b>Medio ambiente:</b> -áreas de trabajo. -iluminación. -infraestructura adecuada.</p> <p><b>-orden de compra.</b></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Corte en la sierra mecánica.</li> <li>2. Taladrado de broca Ø 14 mm</li> <li>3. Mecanizado primer lado del husillo (refrentar,cilindrar,ranurar, troncar a longitud)</li> <li>4. Mecanizado del segundo lado del husillo(cilindrar,ranurar,roscar)</li> <li>5. Realizar canal a fresadora.</li> <li>6. Lijar , dar acabado en el torno</li> <li>7. Inspección y Embalaje</li> <li>8. Orden de despacho.</li> <li>9. Despachar los husillos</li> </ol>	<p>-husillos de cobre de 235 mm de longitud.</p> <p>-Reporte de gastos.</p> <p>-viruta o desperdicios.</p>	<p>- Quimpac</p> <p>- Wet Chemical Perú S.A</p> <p>- Industrias Nacol</p>

Fuente: elaboración propia

### **2.4.2.3. Análisis del problema**

El Diagrama de Ishikawa, también conocido con el nombre de diagrama causa-efecto es una herramienta que ayuda a estructurar la información con claridad mediante un esquema gráfico de las causas que producen un problema, lo cual permite dentro del análisis identificar la causa raíz, dado que la interrelación entre los posibles factores causales queda claramente especificada. Entre los beneficios de este diagrama se menciona que ayuda a considerar todas las causas de una manera estructurada, anima la participación grupal y utiliza el conocimiento del proceso que tiene el grupo, ayuda a focalizarse en las causas del tema sin caer en quejas y discusiones irrelevantes, identifica las áreas para el estudio adicional donde hay una carencia de información suficiente, entre otros. En otras palabras, su empleo será de gran importancia para estructurar los problemas que se mencionan a continuación.

#### **a. En el área de trabajo:**

- Mala distribución del espacio para la producción.- Esto se produce debido a la falta de planificación a la hora de distribuir los materiales y maquinarias dentro del proceso de producción antes mencionado.
- Desorden en el ambiente del trabajo.- Se observa que la falta de políticas de seguridad y salud en el trabajo dentro de la empresa hace que el personal operativo desconozca distintas condiciones y actos sub-estándar para la cual ya se ha hecho costumbre trabajar y normalizan la situación. (Ver figura 12)
- Áreas de poca iluminación.- En función del punto anterior, a pesar de tener conexiones, la falta de mantenimiento dificulta la visibilidad dentro de los ambientes operativos.



*Figura 13* Desorden en el área de trabajo

Fuente: Área de producción

**b. En la medición:**

- Falta de información histórica sobre el tiempo de producción.- No existe un registro anterior para el desarrollo del proceso dentro de la empresa.
- No se cuenta con un control del tiempo de fabricación.- Actualmente tampoco se realizan controles para el desarrollo de un proceso de producción, en parte debido a que no existe un historial.
- Falta de indicadores de productividad.- Actualmente la empresa no enfoca su producción en la generación de indicadores que registren y evalúen los indicadores productividad dentro de la empresa, Esto hace que se trabaje bajo un panorama empírico y basado netamente en la utilidad.

**c. En el método:**

- No se cuenta con procedimientos estandarizados.- Debido a que no se tiene un orden y control sobre los procesos de producción.
- Ausencia de formatos para el control de productividad.- Los encargados y los operarios desconocen de la aplicación de formatos que controlen el proceso productivo que realizan.

- Falta de metodologías para la gestión de la producción.- Existe la ausencia en la aplicación de metodologías que faciliten y mejoren los procesos de producción dentro de la empresa.

**d. En personal:**

- Mano de obra con poca calificación.- En algunos procesos no hay personal calificado.
- Alta rotación del personal operativo.- Debido a la presión y necesidad de que se realicen otras tareas, se suele cambiar de personal frecuentemente.
- Falta de capacitación a los trabajadores.- Ausencia de capacitación dentro de la empresa, No existe una política de mejora continua para sus trabajadores.

Tabla 5

*Rotación del personal*

Puesto	Veces que se cambió de personal			
	En 6 meses	En un año	En año y medio	En dos años
Supervisor de producción	-	-	-	1
Operarios	1	2	2	3
Ayudantes	2	2	2	2

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la tabla anterior se observa la cantidad de trabajadores que han rotado durante 2 años, lo que permite conocer el grado de variación en los puestos de trabajo.

**e. Material:**

- Retraso en las entregas de materiales.- la materia prima llega muy cerca a la fecha de entrega del producto. Lo que dificulta poder organizarse correctamente.
- Falta de stock de insumos y materiales.- no hay stock en el almacén debido al desorden en los procesos productivos, tampoco se anticipan en hacer los pedidos.
- Materiales de baja calidad.- Muchas veces se tienen problemas con las conformidades finales en los clientes debido a la ausencia de un control de calidad interna.

**f. Maquinarias y equipos:**

- Maquinaria antigua y deteriorada.- Ausencia de un programa de mantenimiento dentro de la empresa, así como una política de mejora continua en la que se renueven maquinarias mucho más sofisticadas que reduzcan los tiempos de fabricación y mejoren la calidad de la producción.
- Poco uso de la tecnología en la producción.- En algunos procesos de la fabricación aún se aplican procedimientos rústicos.
- Inadecuado uso de los equipos.- por la falta de capacitación del personal.



*Figura 14* Máquinas y equipos

Fuente: Elaboración propia

En análisis de causa y efecto como se muestra en la figura 14 se evidencia la baja productividad en la fabricación de husillos de cobre.

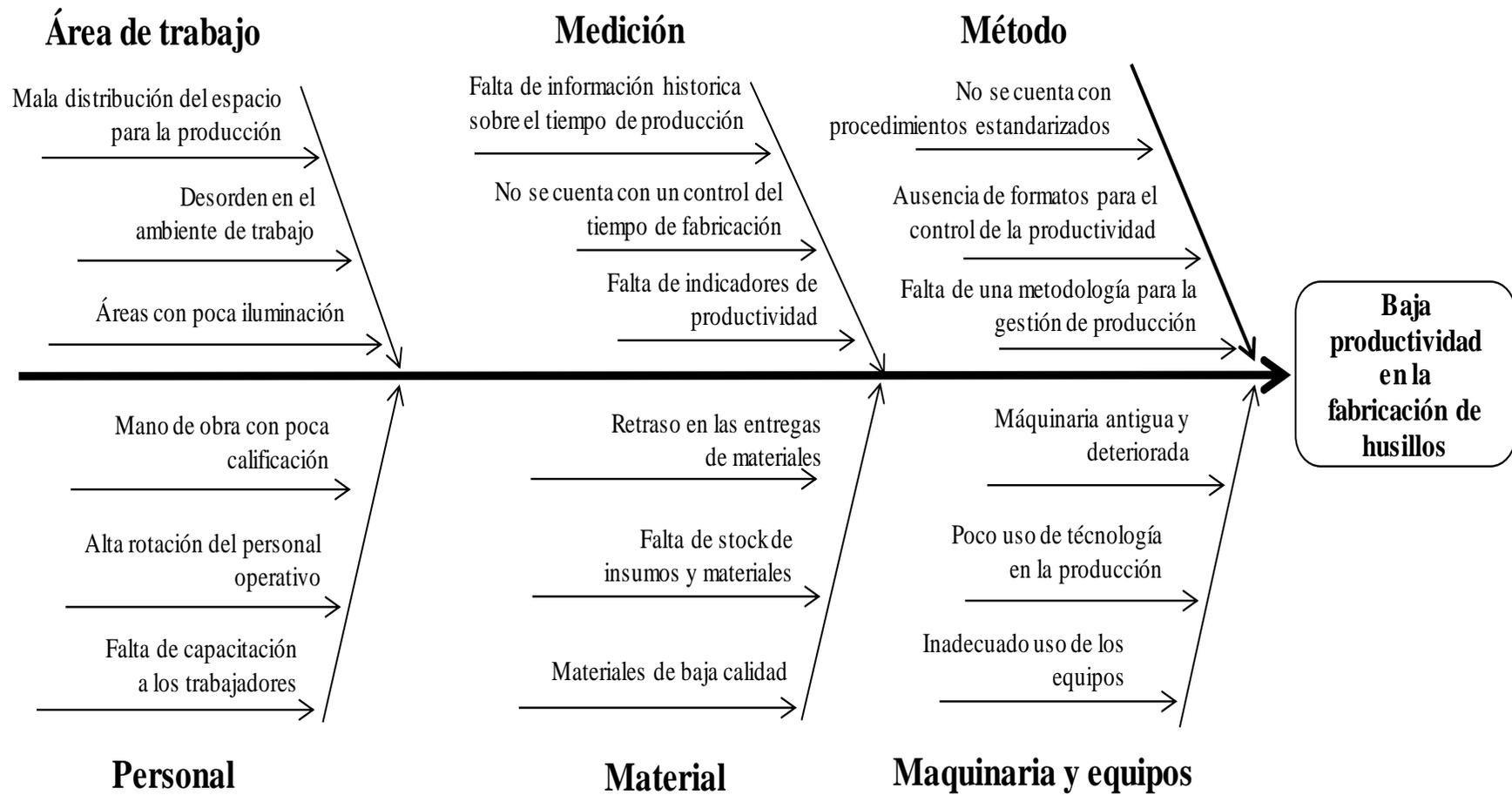


Figura 15 Diagrama de Ishikawa  
Elaboración propia

A partir de este análisis, se realizó una cuantificación del impacto de las causas. Con esta información es posible realizar una evaluación a través de expertos en el tema, los cuales calificarán del 1 al 20 la influencia de estos factores respecto al problema principal, a saber, la baja productividad en la fabricación de husillos de cobre. Mediante el análisis de Pareto es posible determinar que pocas causas explican gran parte del problema en estudio, en otras palabras, se debe cumplir el principio que el 20% de las causas explica el 80% del problema principal. La puntuación de cada uno de los factores se observa en la siguiente tabla:

Tabla 6

*Puntuaciones de Pareto*

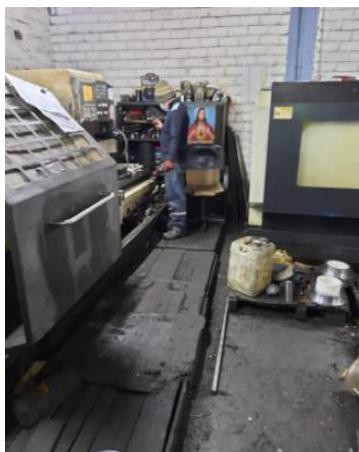
N <sup>o</sup>	Descripción de Partida	E 1	E 2	E 3	E 4	E 5	E 6	E 7	Punt .	Frec. Relativa	Frec. Acum	Categoría
1	Falta de una metodología para la gestión de producción	20	18	20	20	18	20	19	135	20.4%	20%	Método
2	No se cuenta con procedimientos estandarizados	19	19	20	18	20	18	19	133	20.1%	40%	Método
3	Falta de indicadores de productividad	20	20	18	18	19	18	17	130	19.6%	60%	Medición
4	No se cuenta con un control del tiempo de fabricación	20	19	18	18	19	17	18	129	19.5%	80%	Medición
5	Ausencia de formatos para el control de la productividad	2	4	6	2	4	3	4	25	3.8%	83%	Método
6	Falta de capacitación a los trabajadores	4	3	2	3	4	2	3	21	3.2%	87%	Personal
7	Deficiente distribución del espacio para la producción	3	3	1	2	3	4	2	18	2.7%	89%	Área de trabajo
8	Mano de obra con poca calificación	3	2	2	2	1	1	2	13	2.0%	91%	Personal
9	Poco uso de tecnología en la producción	2	1	2	2	1	2	2	12	1.8%	93%	Máquina y equipo
10	Falta de información histórica sobre el tiempo de producción	1	2	2	1	1	2	1	10	1.5%	95%	Medición
11	Retraso en las entregas de materiales por parte del proveedor	2	0	1	1	1	2	1	8	1.2%	96%	Material
12	Desorden en el ambiente de trabajo	1	0	2	1	1	1	1	7	1.1%	97%	Área de trabajo
13	Maquinaria antigua y deteriorada	1	0	1	1	1	1	1	6	0.9%	98%	Máquina y equipo
14	Áreas con poca iluminación	1	1	1	0	1	1	1	6	0.9%	99%	Área de trabajo
15	Inadecuado uso de los equipos	1	1	1	0	0	1	0	4	0.6%	99%	Máquina y equipo
16	Falta de stock de insumos y materiales	1	0	1	0	0	0	0	2	0.3%	100%	Material
17	Alta rotación del personal operativo	1	0	0	1	0	0	0	2	0.3%	100%	Personal
18	Materiales de baja calidad	1	0	0	0	0	0	0	1	0.2%	100%	Material
TOTAL									662	100%		

Elaboración propia

En primer lugar se ubica la falta de una metodología para la gestión de la producción con 135 puntos y el 20.4% de la frecuencia, seguido por no contar con procedimientos estandarizados en la fabricación de este producto con 133 puntos y el 20.1% de la frecuencia; en tercer lugar se comenta la falta de indicadores para la medición de la productividad con 130 puntos y el 19.6% de frecuencia, a continuación se ubica el no contar con un control del tiempo de fabricación con 129 puntos y el 19.5 de frecuencia, seguido por la ausencia de formatos para el control de la productividad con 25 puntos y el 3.8% de frecuencia. Con puntuación similar a este último caso se encuentran la falta de capacitaciones (21 puntos), la deficiente distribución del espacio para la producción con 18 puntos, la mano de obra calificada con 13 puntos, entre otras similares. Entre las causas con menor representación, es decir, con una puntuación menor a 10 puntos se mencionan el retraso en las entregas, el desorden en el área, la maquinaria antigua, el inadecuado uso de equipo, la alta rotación de personal y los materiales de baja calidad. A continuación se muestra la explicación de los factores más relevantes

- Falta de una metodología para la gestión de producción

Un punto clave en todo proceso productivo es la presencia de una metodología que guíe los trabajos de producción el todo tipo de empresas, dado que de dicha forma se proporcionan lineamientos claves para el avance de objetivos. En otras palabras, se ha observado la ausencia en la aplicación de metodologías que faciliten y mejoren los procesos de producción. En la figura siguiente se observa que dentro del área de trabajo no se cuenta con los lineamientos clave para el proceso de producción, lo que a su vez desencadena en otros factores que también se han evidenciado en la sección correspondiente como el desorden, el mal uso de equipos, entre otros.



*Figura 16* Evidencia de la ausencia de una metodología de trabajo

Fuente: Elaboración propia

- No se cuenta con procedimientos estandarizados

Si bien es cierto que el trabajo se realiza con personal de experiencia en el tema, aún no se cuenta con la estandarización de los procedimientos en tanto que persiste la falta de un orden y control sobre los procesos de producción. Desde dicha perspectiva se requiere de una metodología que permita contar con procedimientos y mecanismos de control eficientes.

- Falta de indicadores de productividad

La presencia de indicadores de productividad es importante debido a que permite la comparación periódica de escenarios en el área de trabajo, a partir de ello se puede realizar observaciones para la mejora continua. En este sentido, la empresa no enfoca su producción en la generación de indicadores que registren y evalúen los indicadores productividad dentro de la empresa, Esto hace que se trabaje bajo un panorama empírico y basado netamente en la utilidad.

- No se cuenta con un control del tiempo de fabricación

Finalmente, como parte también de los problemas observados en el área de producción, se ha determinado que no se cuenta con un control interno del tiempo de fabricación, es decir, tampoco se realizan controles para el desarrollo de un proceso de producción, en parte debido a que no existe un historial de los tiempos anteriores para la fabricación de husillos por lo que el uso de la metodología de ingeniería de métodos podrá dar solución a dicha falencia.

Para un análisis mucho más a fondo sobre el peso de cada categoría en el impacto del problema general, se presenta la siguiente tabla:

Tabla 7

*Categorización de puntuaciones de Pareto*

Categoría	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	Punt.	Frec. Relativa
Método	41	41	46	40	42	41	42	293	44.3%
Medición	41	41	38	37	39	37	36	269	40.6%
Maquinarias y equipos	4	2	4	3	2	4	3	22	3.3%
Área de trabajo	5	4	4	3	5	6	4	31	4.7%
Personal	8	5	4	6	5	3	5	36	5.5%
Material	4	0	2	1	1	2	1	11	1.7%
<b>Total</b>								<b>662</b>	<b>100%</b>

Elaboración propia

En la tabla anterior se observan las puntuaciones del Pareto de acuerdo a la categoría que representa cada uno de los inconvenientes encontrados. El primer lugar corresponde a la categoría de metodología con 293 puntos y el 44.3% de frecuencia relativa, seguido por la categoría de medición con 269 puntos y el 40.6% de la frecuencia; con ambas categorías se completa el análisis del 80% de explicación del problema general, por lo tanto, ellas deberán ser atendidas para encontrar cambios significativos en el problema de la baja productividad. Otras categorías con menor impacto son las máquinas y equipos con 3.3%, el área de trabajo con 4.7%, el personal con 5.5% y el material con 1.7%. Con toda la información mostrada se ha procedido a elaborar una figura con la frecuencia acumulada en forma de curva para determinar el cruce del 20% de causas que explican el 80% del problema.

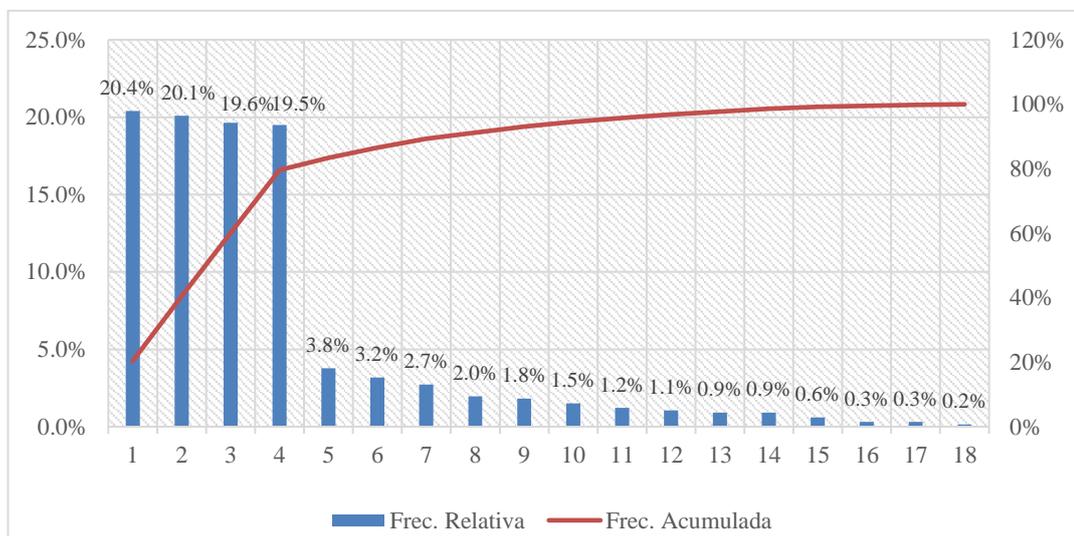


Figura 17 Diagrama de Pareto

Elaboración propia

En la figura 16 se observa que se logra cumplir con el principio de Pareto, es decir, 4 causas de las 18 en total (20%) explican el 80% del problema de la baja productividad en la fabricación de husillos de cobre por la empresa; en este sentido, se debe plantear una mejora que logre solucionar dichos aspectos tales como tener una metodología de trabajo, contar con procedimientos estandarizados, tener indicadores de productividad y controlar el tiempo de fabricación.

#### 2.4.2.5 5w + 2H

Según (Rodríguez M., 2005) este método permite entender la situación antes de ejecutar un plan de acción, para ello se denota el análisis que viene de la observación hecha en la empresa Tamefisa.

1. Qué – (What)= Escribir el problemas más importante según la recolección de Datos.
2. Cuándo – (When) = En qué ocasiones se manifiesta y por cuánto tiempo.
3. Dónde – (Where) = Donde se presenta el problema y donde se origina.
4. Quién – (Who) = Quien interviene en el problema. Quien esta antes o después del problema.
5. Cómo – (How) = Como se está manifestando el problema.
6. Cuánto – (How Much) = Cual es la perdida que se está teniendo a causa del problema. Esta pérdida debe ser cuantificada en tiempo y en dinero.
7. Por Qué (Why) = Que hace que suceda el Problema Los sistemas de gestión requieren de la participación de todos los participantes de la organización para poder generar una mejora continua, éste sistema ha sido citado por las normas ISO como base para ordenar algunas de las normas de gestión aplicadas.

#### 2.4.2.6 Análisis causal (5 porque)

Los 5 porque es una técnica de análisis utilizada para la resolución de problemas que consiste en realizar sucesivamente la pregunta "¿por qué?" hasta obtener la

causa raíz del problema, con el objeto de poder tomar las acciones necesarias para erradicarla y solucionar el problema. El número cinco no es fijo y hace referencia al número de preguntas a realizar, de esta manera se trata de ir preguntando sucesivamente "¿por qué?" hasta encontrar la solución, sin importar el número de veces que se realiza la pregunta. En este caso aplicaremos en los primeros 4 ítems, del diagrama de Pareto, que resulta el 80 % de nuestros problemas, como se observa en la siguiente figura:

	#1	#2	#3	#4	#5	FRECUENCIA	STATUS	PROPUESTA DE SOLUCION		
	¿Por qué?	RESPUESTA	¿Por qué?	Respuesta	¿Por qué?				Respuesta	¿Por qué?
¿Por qué hay una baja productividad en la fabricación de los husillos?	porque falta una metodología para la gestión de la producción	¿porque falta una metodología para la gestión de la producción?	porque no existen procedimientos	¿porque no existen procedimientos?	por la informalidad de la gestión	¿porque la informalidad de la gestión?	es una pequeña empresa	DIARIA	VITAL	Estandarización de métodos de trabajo
	porque no se cuenta con procedimientos estandarizados	¿porque no se cuenta con procedimientos estandarizados?	porque no han aplicado procedimiento anteriormente	¿porque no han aplicado procedimiento anteriormente?	porque se basan en la experiencia del operador			DIARIA	VITAL	Estandarización de métodos de trabajo
	porque falta indicadores de productividad	¿porque falta indicadores de productividad?	porque no existen indicadores de productividad	¿porque no existen indicadores de productividad?	por la informalidad de la gestión	¿porque la informalidad de la gestión?	es una pequeña empresa	DIARIA	VITAL	Definir indicadores
	porque no se cuenta con un control del tiempo de fabricación	¿porque no se cuenta con un control del tiempo de fabricación?	porque no han aplicado control de tiempo de producción	¿porque no han aplicado control de tiempo de producción?	porque se basan en la experiencia del operador			DIARIA	VITAL	Estudio de tiempos

Figura 18 Análisis de los 5 W

Elaboración propia

### 2.4.3. Descripción del proceso de producción inicial

#### 2.4.3.1. Actividades en la fabricación inicial

En el análisis del diagnóstico inicial de la producción de husillos de cobre será preciso mencionar las actividades que se realizan en este proceso, considerando también las herramientas e instrumentos necesarios para dicho fin; todo ello se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 8

*Descripción de actividades para la fabricación de husillos de cobre*

DESCRIPCION DE ACTIVIDADES	
Producto:	Husillos de cobre
Materiales:	Barra de cobre de 30mm de diámetro x 3000 mm de longitud
Maquinas:	Sierra mecánica, torno cnc, fresadora
Herramientas e instrumentos:	Juego de machos para roscar m16, palanca portamachos, broca diámetro 14mm, calibrador, lija, grasa, lima.
T1	transportar material a almacén
A1	almacenar barras de cobre
T2	transportar material a sierra mecánica
O1	cortar barra de cobre a 1000 mm de longitud
T3	Transportar barra de cobre a torno cnc.
O2	taladrar, roscar y refrentar a 235mm de longitud
T4	Transportar barras de cobre a la fresadora.
O3	fresar canal a la barra se cobre
T5	Trasladar al torno convencional.
O4	lijar y dar acabado el husillo
T6	trasladar al área de control de calidad
C1	Inspección y embalaje del producto
A2	Almacenamiento de Producto terminado.

Elaboración propia

Entre los pasos a desarrollar se encuentra el traslado del material, el almacenamiento de las barras de cobre, actividades operativas como el uso de taladro, lija y la inspección del producto final para ser embalado y almacenado en la zona correspondiente. A partir de ellos se ha diseñado el siguiente diagrama operativo del proceso que se muestra a continuación.

**2.4.3.2. Diagrama de operaciones del proceso inicial**

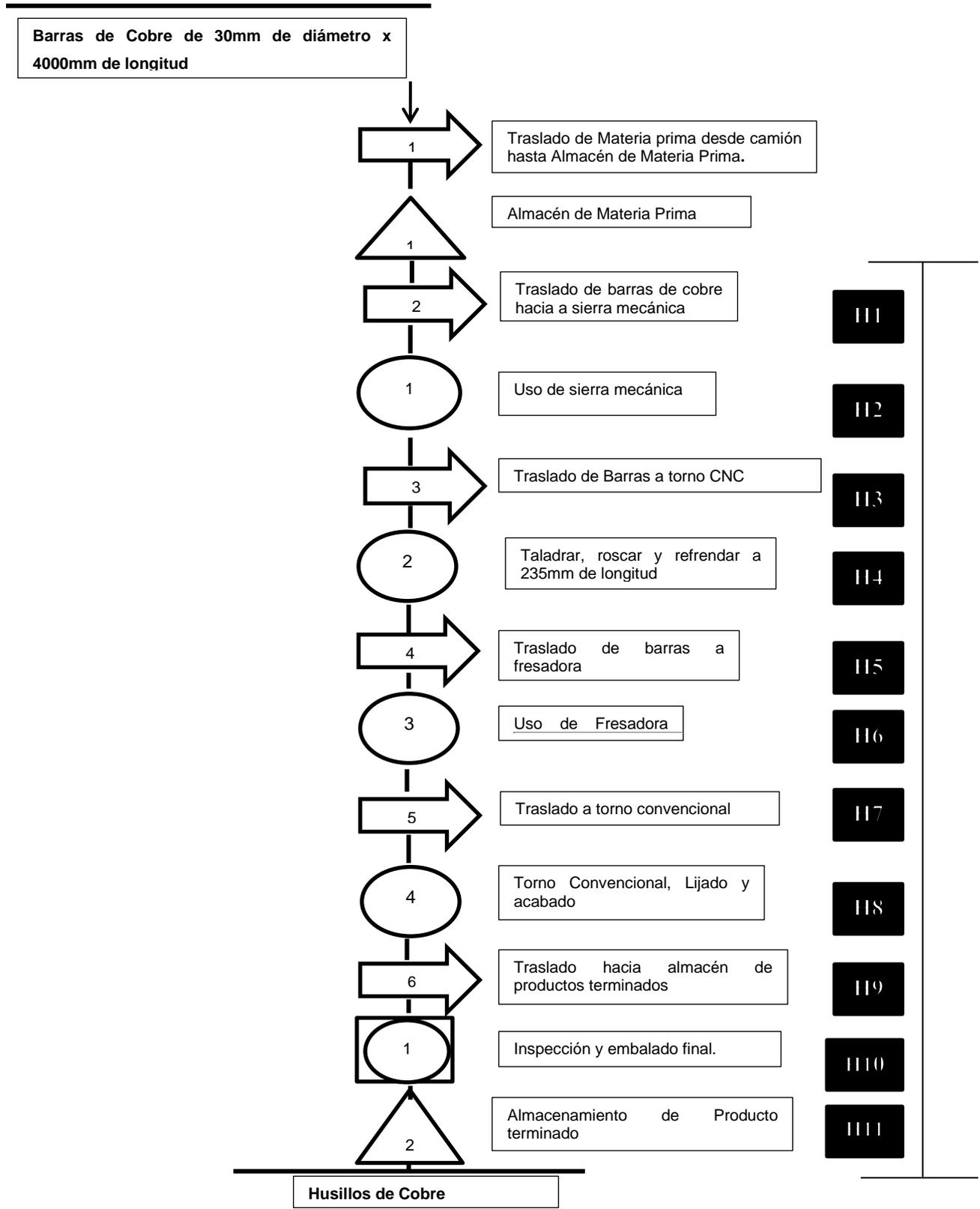


Figura 19 Diagrama de operaciones del proceso

Elaboración propia

En el diagrama de operaciones del proceso se evidencia la secuencia de actividades para la fabricación de husillos de cobre, en donde se ha aclarado mediante el uso de formas la categoría de cada actividad, ya sea de traslado, de almacenamiento o transporte. Desde otra perspectiva se muestra el diagrama de análisis del proceso en la siguiente tabla.

### 2.4.3.3. Diagrama de análisis del proceso inicial

El diagrama de análisis del proceso permite la evaluación de las actividades en el proceso de fabricación de husillos mediante la comparación del escenario previo y posterior a la mejora; en este sentido, se brinda un lineamiento sobre la secuencia ordenada a través de la vinculación de los símbolos y la anotación de las observaciones.

Tabla 9

*Diagrama de análisis del proceso de fabricación de husillos*

		Resumen					
		Actual	Propuesta	Mejora			
Proceso:		Operac.	4				
		Transpor	6				
		Demora	-				
		Inspecc.	1				
		Almacen	2				
#	Descripción de Actividad	Símbolo				Observaciones	
1	Traslado de materia prima	○	⇨	D	□	▽	
2	Almacenamiento de materia prima	○	⇨	D	□	▽	
3	Traslado de barras	○	⇨	D	□	▽	
4	Uso de sierra mecanica	○	⇨	D	□	▽	
5	Trasaslado barras a torno CNC	○	⇨	D	□	▽	
6	Taladrar rocas y refrendar a 235mm	○	⇨	D	□	▽	
7	Traslado de barras a fresadora	○	⇨	D	□	▽	
8	Uso de fresadora	○	⇨	D	□	▽	
9	Traslado a torno a convencional	○	⇨	D	□	▽	
10	Uso de torno convencional, lijado y acabado	○	⇨	D	□	▽	
11	Traslado hacia almacén	○	⇨	D	□	▽	
12	Inspección y embalado	○	⇨	D	□	▽	
13	Almacenamiento terminado	○	⇨	D	□	▽	

Elaboración propia

La tabla mostrada anteriormente guarda relación con el diagrama de operaciones del proceso puesto que refleja la presencia de 4 labores de operación, 6 de transporte, 1 de inspección y 2 de almacenamiento. Adicionalmente, se mostrará el porcentaje de actividades productivas a través de la siguiente formula.

Ecuación 1 Formula de Actividades productivas inicial (%)

$$\% \text{ Actividades productivas} = \frac{N^{\circ} \text{ operaciones} + N^{\circ} \text{ inspecciones}}{\text{Total de actividades}}$$

$$\% \text{ Actividades productivas} = \frac{4 + 1}{13}$$

$$\% \text{ Actividades productivas} = 38.46 \%$$

En el cálculo anterior se ha podido determinar que existe un total de 4 labores de operación y 1 de inspección lo que determina un valor de 5 actividades a considerar como productivas respecto a las 13 en total; cabe resaltar que la diferencia corresponde a las actividades que no agregan valor, es decir, 8. A partir de ello, se considera que el 38% de las actividades del proceso de fabricación de husillos pertenecen a la categoría productiva, mientras que el equivalente restante, a saber 62% son consideradas actividades no productivas dado que señalan transporte de insumos o almacenamiento, labores que se presentan en gran número del proceso evaluado, lo cual se presenta en la siguiente formula

Ecuación 2 Formula de Actividades que no agregan valor en situación inicial (%)

$$\% ANV = \frac{\sum ANV}{\text{Total de actividades}}$$

$$\% ANV = \frac{8}{13}$$

$$\% ANV = 61.54\%$$

**2.4.3.4. Diagrama de recorrido inicial**

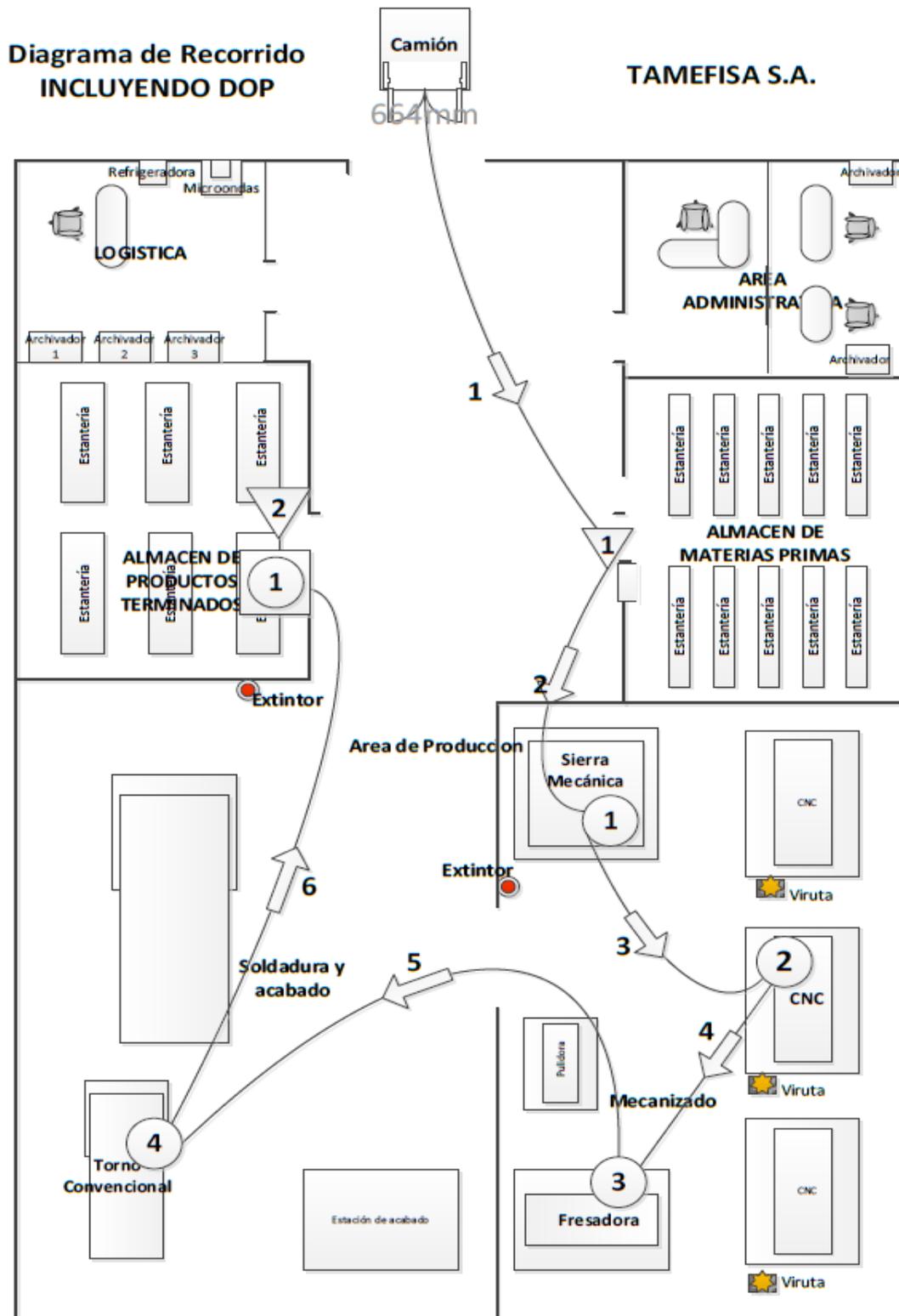


Figura 20 Diagrama de recorrido

Elaboración propia

La figura mostrada anteriormente permite representar las actividades del diagrama de operaciones del proceso en el mapa donde ocurren las labores de producción. De esta manera se obtiene un panorama mucho más claro sobre la situación para continuar con la secuencia.

#### 2.4.3.5 5W 2H

En este caso hemos encontrado dos ítems, el primero, al momento de almacenar el material, se ha identificado que solo lo realizan 3 ayudantes sin la presencia del supervisor de calidad, esto hace que se recepcione material que no esté en buen estado, por lo tanto almacenan barras que no cumplan con la calidad requerida para la fabricación de husillos de cobre. En el segundo ítem encontramos, que en el traslado de husillo desde torno CNC hasta fresadora, a veces lo realiza el mismo operador de las maquina CNC, por la ausencia de otro personal, esto hace que la maquina CNC este inoperativa por algunos minutos. La identificación de estos ítems se muestra en la siguiente figura:

EMPRESA : TAMEFISA		ELABORADOR POR : TAPIA-MARIATEGUI				FECHA: 19-07-2019		
5W + 2H								
N°	¿Qué?	¿CUADNO?	¿DONDE?	¿QUIEN?	¿Cómo?	¿Por qué?	CUANTO ?	ACCIONES CORRECTIVAS
1	se almacena el material	durante la recepcion del material	en el area de almacen	3 ayudantes asignados	bajan el material del camion y lo llevan a almacen	es el area asignada	S/0.00	asignar en la revision al supervisor de calidad , y colocar al personal sobrante a otras tareas.
2	se transporta el husillo de CNC fresadora	durante la produccion del husillo	en el area de produccion	el operador del torno CNC	lleva el husillo hasta la mquina fresadora	porque no hay otro personal	S/0.00	colocar un personal , que traslade el material y que tambien lo inspeccione.

*Figura 21* Análisis 5W 2H

Fuente Elaboración propia

### 2.4.3.5. Análisis hombre – máquina

También es importante describir la relación entre el hombre y la máquina que se emplea en el proceso de producción; el conteo del tiempo se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 10

*Diagrama de análisis del proceso de fabricación de husillos*

ACTIVIDADES		Tiempo
H1	transportar material a sierra mecánica	00:00:58
H2	cortar barra de cobre a 1000 mm de longitud	00:07:55
H3	Transportar barra de cobre a torno cnc.	00:01:05
H4	taladrar, roscar y refrentar a 235mm de longitud	00:23:45
H5	Transportar barras de cobre a la fresadora.	00:02:20
H6	fresar canal a la barra se cobre	00:11:40
H7	Trasladar al torno convencional.	00:01:52
H8	lijar y dar acabado el husillo	00:10:32
H9	trasladar al área de control de calidad	00:03:00
H10	inspección y Embalado del husillo de cobre	00:19:55
H11	Almacenamiento de Producto terminado.	00:04:35

Elaboración propia

En la tabla anterior se observa el tiempo que toma cada una de las actividades en la fabricación de husillos y de forma complementaria se diagrama toda la secuencia a través del análisis de dichos procedimientos en la siguiente figura.

		Hombre		Maquina
H1	00:00:58	Transportar	00:00:58	
H2	0:08:53		00:07:55	Cortar
H3	0:09:58	Transportar	00:01:05	
H4	0:33:43		00:23:45	Taladrar, Roscar, Refrentar
H5	0:36:03	Transportar Barras	00:02:20	
H6	0:47:43	Fresar Canal de Cobre	00:11:40	Fresar Canal de Cobre
H7	0:49:35	Traslado	00:01:52	
H8	1:00:07	Lijar Husillo	00:10:32	Lijar Husillo
H9	1:03:07	Traslado	00:03:00	
H10	1:23:02	Inspeccion	00:19:55	
H11	1:27:37	Almacenamiento	00:04:35	

+

*Figura 22 Análisis hombre máquina inicial*

Elaboración propia

Se observa que la producción con la interacción de las maquinas toma un tiempo total de 1 hora con 27 minutos y 37 segundos, en tanto que se han identificado actividades con importante duración como el taladrar, roscar y refrentar a 235mm de longitud de 23 minutos, el lijar y dar acabado el husillo con 10 minutos y 32 segundos, además de la inspección y embalado del husillo de cobre con 19 minutos con 55 segundos, entre otras.

Tabla 11

*Análisis de hombre máquina inicial*

SOLUCION	
TIEMPO DE CICLO	1:27:37
TIEMPO DE TRABAJO DE HOMBRE	0:48:25
TEMPO DE TRABAJO DE LA MAQUINA	0:46:20
% DE EFICACIA DEL HOMBRE	60.46
% DE UTILIZACION DE LA MAQUINA	57.86
CAPACIDAD DE ATENCION AL HOMBRE	1.65

Elaboración propia

En la tabla anterior se observa que existen un tiempo de ciclo de 1 hora con 27 minutos y 37 segundos, el cual se descompone en 48 minutos y 25 segundos del tiempo de trabajo del operario, 46 minutos y 20 segundos del tiempo de trabajo con la máquina, lo que determina una capacidad de atención del hombre de 1.65. La descomposición de cada etapa del tiempo se presenta en las siguientes líneas.

**2.4.3.7. Análisis de tiempos inicial**

- **Tiempo productivo**

Tabla 12

*Cálculo del tiempo productivo según actividades inicial*

Tiempo productivo para roscar, taladrar, refrentar en el torno CNC				
	Tiempo en minutos			Tiempo total
		Tiempo de ciclo	Tiempo de transferencia	
Operarios	Operario1	23.05	1.5	24.55
	Operario 2	23.83	1.2	25.03
	Operario 3	23.91	1.4	25.31
	Operario 4	23.02	1.3	24.32

Elaboración propia

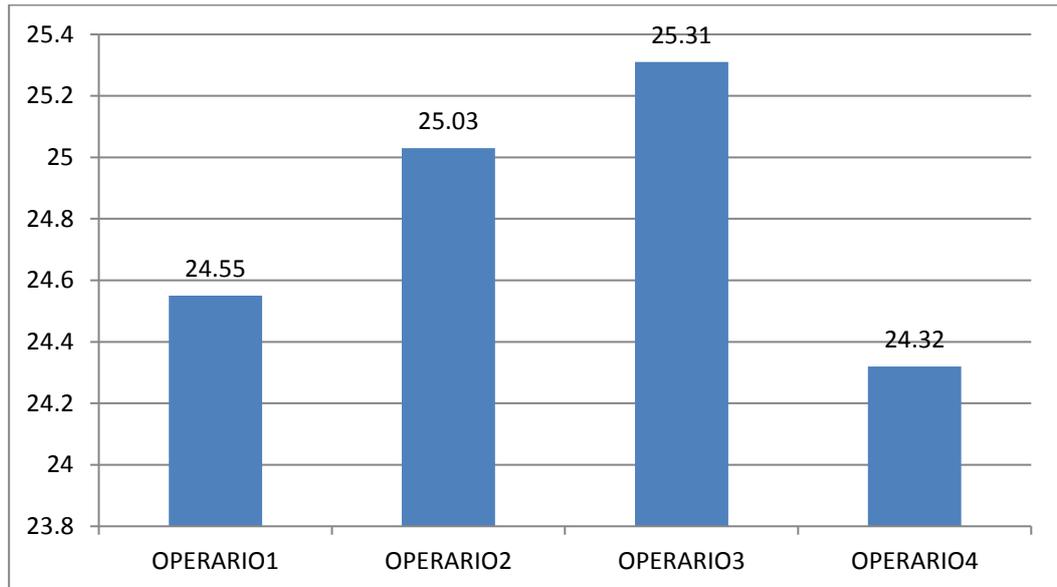


Figura 23 Tiempo productivo según operarios inicial

Elaboración propia

En la tabla y figura anterior se observa que para encontrar el tiempo productivo de la actividad de roscar, taladrar, refrentar en el torno CNC se ha contado con 4 observaciones de operarios, siendo el tiempo total la suma del tiempo de ciclo más el tiempo de transferencia. En este sentido, se ha encontrado que el valor más bajo de tiempo fue de 24.32 minutos y el más alto de 25.31 minutos; ello evidencia la gran variabilidad en la ejecución de trabajos.

- **Tiempo mecanizado**

Tabla 13

*Cálculo del tiempo mecanizado según actividades inicial*

	TIEMPOS EN MINUTOS			VARIABLES Y FACTORES					
	TIPO DE OPERACIÓN			DIMENSIONES DE LA PIEZA		TIPO DE MAQUINA	ESTADO DE LA MAQUINA	MATERIAL DE LA PIEZA	MATERIAL DE LA HERRAMIENTA
	ROSCAR	TALADRADO	REFRENTADO	LONG	Diáme.				
Operario1	1.5	2.4	17.4	352	30	torno cnc	operativo	cobre	carburadas
Operario 2	1.7	2.6	17.9	352	30	torno cnc	operativo	cobre	carburadas
Operario 3	1.6	2.3	18.1	352	30	torno cnc	operativo	cobre	carburadas
Operario 4	1.8	2.1	17.1	352	30	torno cnc	operativo	cobre	carburadas

Elaboración propia

En la tabla anterior se observa en desarrollo del tiempo mecanizado para las la actividad de roscar, taladrar y refrentar el torno CNC, donde se indica la longitud de la pieza además del diámetro de la misma; a partir de ello se comenta sobre el tipo de maquina a emplear, el material de la pieza y las herramientas. Los tiempos alcanzados por los operarios para la actividad de refrentado es entre 17.1 y 18.5 minutos, lo cual evidencia una variación amplia entre ellos.

- **Tiempo ocioso**

En la presente sección se ha desarrollado el tiempo ocioso observado en la ejecución de las labores, siendo la observación a través de 4 operarios tanto para el operador como para la máquina.

Tabla 14

*Cálculo del tiempo ocioso de operario según actividades inicial*

Tiempo productivo para roscar, taladrar, refrentar en el torno CNC				
Operarios	Tiempo en minutos			Tiempo Total
		Mecanizado	Encendido de la máquina	
Operario1		17.4	0.45	17.85
Operario 2		17.9	0.43	18.33
Operario 3		18.1	0.51	18.61
Operario 4		17.1	0.52	17.62

Elaboración propia

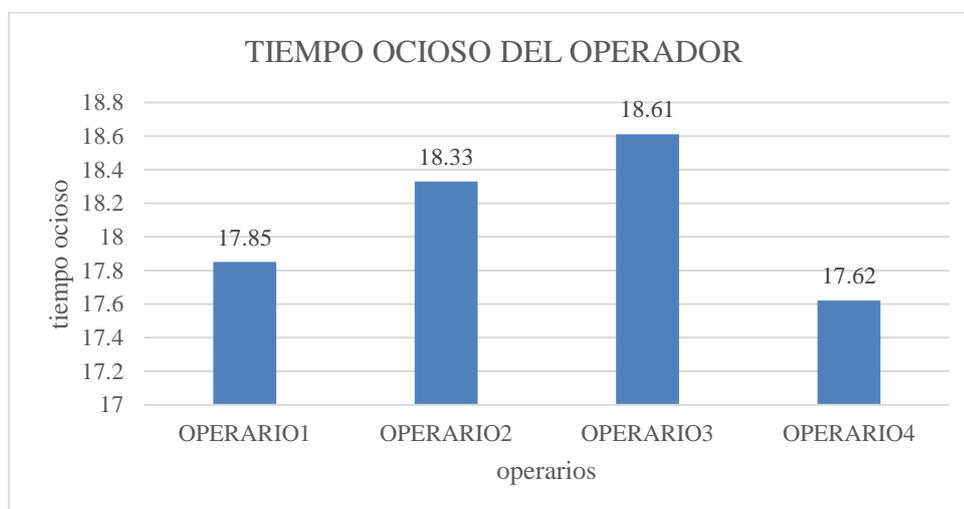


Figura 24 Tiempo ocioso según operarios inicial

Elaboración propia

En la tabla y figura anterior se observa el tiempo ocioso de 4 operarios en donde se ha encontrado que este valor oscila entre los 17.62 minutos y los 18.61 minutos, que corresponden a la suma del mecanizado y el encendido de la maquina; todo ello evidencia un alta variación entre las observaciones. Desde otra perspectiva se observa el tiempo ocioso de la máquina.

Tabla 15

*Cálculo del tiempo ocioso de máquina según actividades inicial*

Tiempo productivo para roscar, taladrar, refrentar en el torno CNC					
Operarios	TIEMPOS EN MINUTOS				Tiempo Total
		Traslado de material	Montaje	Desmontaje	
Operario1		1.5	2.4	1.3	5.2
Operario 2		1.7	2.6	1.2	5.5
Operario 3		1.6	2.3	1.4	5.3
Operario 4		1.8	2.1	1.5	5.4

Elaboración propia

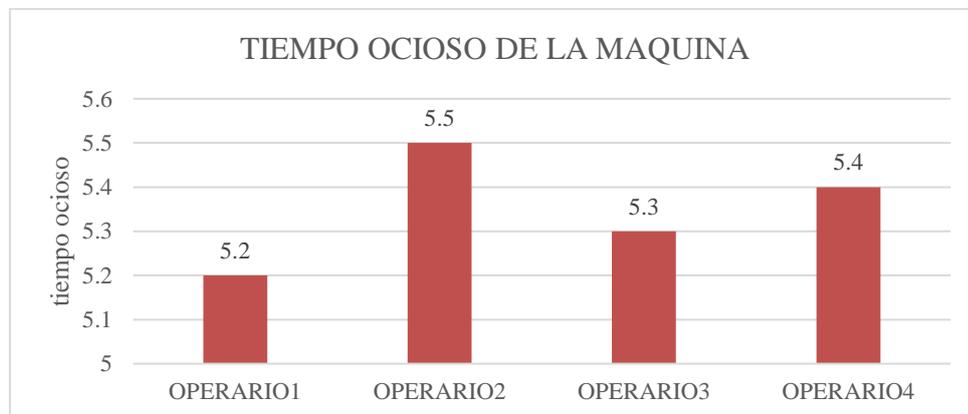


Figura 25 Tiempo ocioso de la máquina según operarios inicial

Elaboración propia

En la tabla y figura anterior se observa el tiempo ocioso de la maquinaria mediante la interacción con 4 operarios en donde se ha encontrado que este valor oscila entre los 4.2 minutos y los 4.7 minutos, lo cual evidencia un poco variación entre las observaciones y ello indica la efectividad de la estandarización.

- **Tiempo estándar inicial**

Para el cálculo del tiempo estándar final es necesario contar con los suplementos de la actividad de fabricación de husillos, gracias al uso del formato respectivo en la propuesta. A partir de ello se ha conseguido el siguiente porcentaje de suplementos.

Tabla 20

*Cálculo de suplementos final*

<b>Suplementos</b>	<b>Porcentaje</b>
Fatiga del personal	4%
Necesidades Fisiológicas	4%
Jornada de pie	2%
Mala iluminación	1%
Atención requerida	2%
Descansos entre actividades	2%
<b>Total</b>	<b>15%</b>

Elaboración propia

Con el uso del 15% adicional del tiempo se procede a calcular el tiempo estándar a través de la siguiente formula:

Ecuación 3 Formula de tiempo estándar inicial

$$TS = TN(1 + S)$$

Donde:

TS= Tiempo estándar

TN= Tiempo Normal

S = Suplementos

Adaptando dichos datos a la formula mostrada se obtiene que el tiempo estándar final es de 1 hora con 40 minutos y 46 segundos tal como se muestra en el siguiente cálculo:

$$TS = 1:27:37 (1 + 15\%)$$

$$TS = 1:40:46$$

#### 2.4.4. Medición de indicadores de productividad antes de la mejora

A modo de resumen se comenta que en el análisis de la situación inicial se ha podido obtener los siguientes indicadores para el análisis de la productividad en cada una de sus dimensiones

Tabla 16

*Indicadores iniciales de la productividad del proceso de fabricación de husillos*

Descripción	Cifra
Tiempo de ciclo	1:27:37
Productividad del operario	50.54%
Productividad de la máquina	49.46%

Elaboración propia

En la tabla anterior se observa que el tiempo de ciclo en el escenario inicial corresponde a 1 hora con 27 minutos y 37 segundos, a partir de ello se ha determinado un nivel de productividad del operario de 50.54% y la productividad de la máquina en 49.46%. Estos resultados servirán como base para el contraste de información final sobre la efectividad de la propuesta. El análisis a detalle de los componentes para el alcance de estos resultados se muestra a continuación.

##### 2.4.4.1. Tiempo de ciclo inicial

El cálculo del tiempo de ciclo corresponde al total del tiempo y los factores explicados anteriormente, y al igual que en dichos puntos se tomará como ejemplo el desarrollo de la actividad de roscar, taladrar y refrentar, para ello se presenta la siguiente información.

Tabla 17

*Cálculo del tiempo según actividades inicial*

Tiempo productivo para roscar, taladrar, refrentar en el torno CNC							
	Tiempo en minutos						Tiempo Total
	TRASL.	MONTAJE	PUESTA EN MARCHA	MECANIZADO	RETIRADO		
Operario1	1.5	2.4	0.45	17.4	1.3	23.05	
Operario 2	1.7	2.6	0.43	17.9	1.2	23.83	
Operario 3	1.6	2.3	0.51	18.1	1.4	23.91	
Operario 4	1.8	2.1	0.52	17.1	1.5	23.02	

Elaboración propia

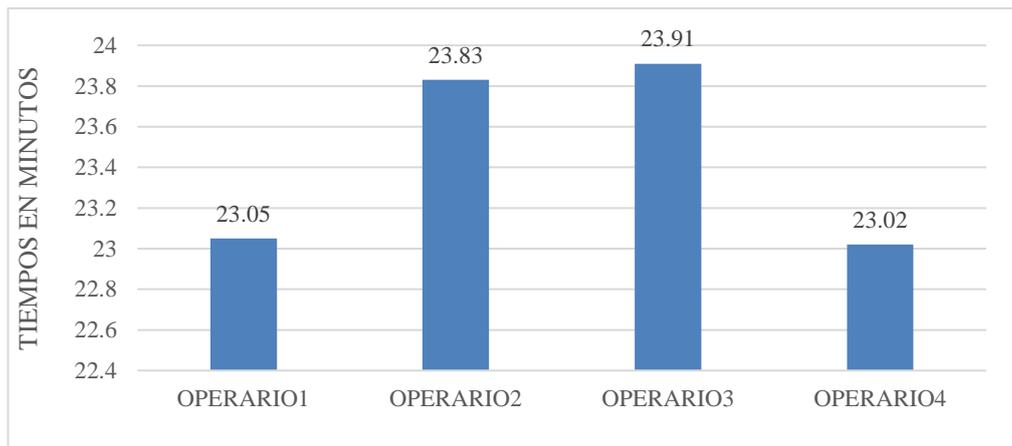


Figura 26 Análisis del tiempo de ciclo inicial

Elaboración propia

En la tabla y figura anterior se observa que el tiempo de ciclo a lo largo de las 4 operaciones ha tenido un valor máximo de 23.91 minutos y un mínimo de 23.02 en la ejecución de labores de roscar, taladrar, refrentar en el torno CNC por parte de los operarios.

Para determinar el número de observaciones a efectuar en el análisis se recurrió al uso de 2 lineamientos, a saber, la tabla Westinghouse y el método de General Electric, cada uno determinó que se deben efectuar 3 observaciones lo que se muestra a continuación.

Tabla 18

*Determinación de observaciones según tabla Westinghouse*

Tiempo de ciclo	Actividad más de 10,000 por año	1,000 a 10,000 por año	Menos de 1,000 al año
<b>1.000 horas</b>	5	3	2
<b>0.800 horas</b>	6	3	2
<b>0.300 horas</b>	8	4	3
<b>0.200 horas</b>	10	5	4
<b>0.120 horas</b>	15	8	5

Fuente: García (2005)

Dado que nuestro ciclo dura 1 hora con 27 minutos y se cuenta con una producción de los husillos de cobre entre 1,000 a 10,000 por año, será prudente efectuar al menos 3

observaciones, dicha información se reafirma con el método de General Electric en la siguiente tabla:

Tabla 19

*Determinación de observaciones según General Electric*

<b>Tiempo de ciclo en minutos</b>	<b>N° de ciclos observar</b>
<b>2.000 a 5.000</b>	15
<b>5.000 a 10.000</b>	10
<b>10.000 a 20.000</b>	8
<b>20.000 a 40.000</b>	5
<b>De 40.000 en adelante</b>	3

Fuente. Caso (2006)

En tanto que el ciclo en minutos es superior a los 40.000 que se muestra en la tabla anterior, al menos se deberá efectuar 3 observaciones.

***\*Tiempo de Ciclo promedio de 3 observaciones realizadas es de 1 Hora, 2 Minutos y 39 Segundos.***

P= Tiempo particular

A= Tiempo Acumulado

$\sum T_j$  = Suma de Tiempos de observación

TPSi = Tiempo Promedio de Ciclo

Tabla 20

*Cálculo del tiempo de ciclo inicial*

ELEMENTO		Tiempo de ciclo			$\Sigma T_j$	TPSi
		Observación 1	Observación 2	Observación 3		
H1	P	0:01:00	0:01:05	0:00:50	0:02:55	0:00:58
	A	0:01:00	0:01:05	0:00:50		
H2	P	0:07:45	0:08:04	0:07:55	0:23:44	0:07:55
	A	0:08:45	0:09:09	0:08:45		
H3	P	0:01:15	0:01:00	0:01:00	0:03:15	0:01:05
	A	0:10:00	0:10:09	0:09:45		
H4	P	0:23:20	0:23:55	0:24:01	1:11:16	0:23:45
	A	0:33:20	0:34:04	0:33:46		
H5	P	0:02:20	0:02:10	0:02:30	0:07:00	0:02:20
	A	0:35:40	0:36:14	0:36:16		
H6	P	0:12:00	0:13:00	0:10:00	0:35:00	0:11:40
	A	0:47:40	0:49:14	0:46:16		
H7	P	0:01:55	0:01:42	0:01:58	0:05:35	0:01:52
	A	0:49:35	0:50:56	0:48:14		
H8	P	0:11:05	0:10:05	0:10:25	0:31:35	0:10:32
	A	1:00:40	1:01:01	0:58:39		
H9	P	0:03:10	0:02:55	0:02:56	0:09:01	0:03:00
	A	1:03:50	1:03:56	1:01:35		
H10	P	0:21:00	0:19:00	0:19:45	0:59:45	0:19:55
	A	1:24:50	1:22:56	1:21:20		
H11	P	0:04:30	0:04:00	0:05:15	0:13:45	0:04:35
	A	1:29:20	1:26:56	1:26:35		
						<b>1:27:37</b>

Elaboración propia

Como se observa en la tabla anterior, el tiempo total se calcula en 1 hora con 27 minutos y 37 segundos, lo cual incluye el paso a paso de las 11 actividades consideradas en el proceso de evaluación. A partir de esta información será posible hallar la eficiencia del operario y de la maquinaria a través de las siguientes tablas.

### 2.4.4.2. Eficiencia del operario inicial

Tabla 21

*Eficiencia del operario inicial*

Eficiencia del operario					
ELEMENTO		$\Sigma T_j$	TPSi	Tiempo Productivo	Tiempo Ocioso del Operario
<b>H1</b>	P	0:02:55	0:00:58	0:00:58	
	A		0:00:58		
<b>H2</b>	P	0:23:44	0:07:55		0:07:55
	A		0:08:53		
<b>H3</b>	P	0:03:15	0:01:05	0:01:05	
	A		0:09:58		
<b>H4</b>	P	1:11:16	0:23:45		0:23:45
	A		0:33:43		
<b>H5</b>	P	0:07:00	0:02:20	0:02:20	
	A		0:36:03		
<b>H6</b>	P	0:35:00	0:11:40		0:11:40
	A		0:47:43		
<b>H7</b>	P	0:05:35	0:01:52	0:01:52	
	A		0:49:35		
<b>H8</b>	P	0:31:35	0:10:32	0:10:32	
	A		1:00:07		
<b>H9</b>	P	0:09:01	0:03:00	0:03:00	
	A		1:03:07		
<b>H10</b>	P	0:59:45	0:19:55	0:19:55	
	A		1:23:02		
<b>H11</b>	P	0:13:45	0:04:35	0:04:35	
	A		1:27:37	0:44:17	0:43:20

Tiempo de Ciclo =	1:27:37
-------------------	---------

Tiempo Productivo de Operario =	0:44:17
---------------------------------	---------

Tiempo Ocioso del Operario	0:43:20
----------------------------	---------

% Productivo de Operario =	50.54
----------------------------	-------

% Improductivo del Operario	49.5
-----------------------------	------

Elaboración propia

Con el análisis del tiempo total de la ejecución de labores es posible observar que de la 1 hora con 27 minutos y 37 segundos totales el tiempo productivo del operario alcanza el valor de 44 minutos con 17 segundos que determina una eficiencia en porcentaje de

50.54 % y un porcentaje improductivo de 49.5 %, cifras que expresan un bajo nivel de productividad.

### 2.4.4.3. Eficiencia de la máquina inicial

Tabla 22

*Eficiencia de la máquina inicial*

Eficiencia de la máquina					
ELEMENTO		$\Sigma T_j$	TPSi	Tiempo Productivo de la Maquina	Tiempo Improductivo de la Maquina
<b>H1</b>	P	0:02:55	0:00:58		0:00:58
	A		0:00:58		
<b>H2</b>	P	0:23:44	0:07:55	0:07:55	
	A		0:08:53		
<b>H3</b>	P	0:03:15	0:01:05		0:01:05
	A		0:09:58		
<b>H4</b>	P	1:11:16	0:23:45	0:23:45	
	A		0:33:43		
<b>H5</b>	P	0:07:00	0:02:20		0:02:20
	A		0:36:03		
<b>H6</b>	P	0:35:00	0:11:40	0:11:40	
	A		0:47:43		
<b>H7</b>	P	0:05:35	0:01:52		0:01:52
	A		0:49:35		
<b>H8</b>	P	0:31:35	0:10:32		0:10:32
	A		1:00:07		
<b>H9</b>	P	0:09:01	0:03:00		0:03:00
	A		1:03:07		
<b>H10</b>	P	0:59:45	0:19:55		0:19:55
	A		1:23:02		
<b>H11</b>	P	0:13:45	0:04:35		0:04:35
	A		1:27:37	0:43:20	0:44:17

Tiempo de Ciclo =	1:27:37
-------------------	---------

Tiempo Productivo de la Maquina =	0:43:20
-----------------------------------	---------

Tiempo Improductivo de la Maquina	0:44:17
-----------------------------------	---------

% Productivo de la Maquina =	49.46
------------------------------	-------

% Improductivo de la Maquina	50.54
------------------------------	-------

Elaboración propia

De forma similar se determina el nivel de eficiencia de la máquina que alcanza un tiempo productivo de 43 minutos con 20 segundos, lo que representa una eficiencia en porcentaje de 49.46 %, lo cual se complementa con el tiempo improductivo de 44 minutos y 17 segundos, es decir, 50.54%, lo cual completaría la 1 hora con 27 minutos y 37 segundos.

#### **2.4.5. Propuesta de mejora**

En la presente sección se comentará sobre los cambios que se sugieren a modo de propuesta de mejora para incrementar la productividad en la fabricación de husillos en la empresa, todo ello considerando los lineamientos de la ingeniería de métodos. En este sentido, se menciona que los cambios están orientados en los siguientes ejes de trabajo.

- ✓ Reducción de tiempo en actividades colaborativas y aumentar las productivas
- ✓ Eliminar actividades innecesarias en uso de maquinaria y equipos.
- ✓ Nuevas herramientas de trabajo
- ✓ Capacitación al personal
- ✓ Reasignación de personal en algunas actividades del proceso para una mejor gestión.

Es posible comentar, respecto al primer punto, que es necesario identificar el tipo de actividades que se requieren en el trabajo para así poder reducir el tiempo de las actividades colaborativas e incrementar el uso del tiempo productivo, es decir, dedicar más espacio en el tiempo a las labores que realmente generan valor y son trascendentales en la organización. En segundo lugar, parte de la visión del Ingeniero Industrial es la eliminación de las actividades innecesarias, aquellos momentos que no generan valor y se consideran prescindibles en el proceso productivo, a partir de ello se logrará un cambio en la productividad mediante un nuevo enfoque. Por otro lado, el uso de nuevas herramientas para la gestión del trabajo es un elemento importante en toda organización pues refleja el nivel de la aplicación de la metodología adecuada para el proceso productivo, en otras palabras, el empleo de herramientas será posible a través de formatos e indicadores para la medición de los tiempos en búsqueda de proponer sistemas de mejor administración de los mismos.

De forma complementaria, la capacitación al personal de trabajo siempre será un factor de gran ayuda en la mejora de cualquier procedimiento, por lo que es necesario tener mano de obra en alto nivel de tecnificación en las actividades de producción. Finalmente, se procederá a reasignar al personal de acuerdo a los análisis realizados a modo de entender el proceso productivo y conocer la mejor administración de los recursos humanos para el incremento de

la productividad. Todos estos puntos se detallan en las siguientes líneas y no necesariamente en el orden dispuesto anteriormente.

#### 2.4.5.1. Capacitación del personal

En este punto se realizan talleres y charlas para que el personal de la empresa pueda comprender a fondo los lineamientos del trabajo y efectuar sus actividades de una manera más eficiente, siempre en búsqueda de la productividad a través del compromiso constante con los objetivos de la compañía. En este sentido, se presenta un cronograma mensual de las capacitaciones a realizar en la siguiente tabla.

Tabla 23

*Cronograma de capacitación mensual*

Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
			1	2	3
			Normativa legal N° -----	Inducción General	Procedimiento Operacional
			<b>Inducción</b>	<b>Inducción</b>	<b>Cap. Especifica</b>
5	6	7	8	9	10
	Procedimiento operacional  <b>Charla 15 min</b>	Condiciones y actos in seguros.  <b>Charla 15 min</b>	El orden y la limpieza es responsabilidad de todos  <b>Charla 15 min</b>	Procedimiento operacional  <b>Charla 15 min</b>	<b>Reunión Semanal</b>
12	13	14	15	16	17
Manejo del Equipo <b>Charla 15 min</b>		Ruido de la maquinaria <b>Charla 15 min</b>	Conexiones eléctricas  <b>Charla 15 min</b>	Herramientas de trabajo <b>Charla 15 min</b>	Procedimiento operacional <b>Reunión Semanal</b>
19	20	21	22	23	24
Indumentaria de trabajo <b>Charla 15 min</b>		Protección auditiva  <b>Charla 15 min</b>	Procedimiento operacional  <b>Charla 15 min</b>		Limpieza de Espacio de trabajo <b>Reunión Semanal</b>
26	27	28	29	30	31
	La importancia de la ergonomía en el trabajo <b>Charla 15 min</b>		El espacio confinado  <b>Charla 15 min</b>	El trabajo en caliente  <b>Charla 15 min</b>	Procedimiento operacional  <b>Cap. Especifica</b>

Elaboración propia

Como se observa en la tabla anterior existen ya lineamientos a brindar dentro de las capacitaciones en el trabajo, lo cual consistirá en charlas de 15 minutos para no afectar la operatividad en las actividades. De forma complementaria será necesario un registro para las capacitaciones a fin de conocer el cumplimiento de los participantes en las mismas.

Tabla 24

*Registro para las capacitaciones*

REGISTRO					Fecha
ASISTENCIA A CAPACITACIÓN					15/07/2019
Nombre de la Empresa: TAMEFISA					
Nombre de Capacitación: Taller a trabajadores operativos				Duración: 15 minutos	
Tema: Procedimiento operacional				Firma:	
Expositor: Mauro –Alfredo					
N°	Nombre	DNI	Empresa	Cargo	Firma
1	Adler Campos	45194955	TAMEFISA	Operario	
2	Hugo Sotelo	6348265	TAMEFISA	Operario	
3	Moisés Isidro	4258351	TAMEFISA	Operario	
4	Luis Villa	06395932	TAMEFISA	Operario	
5	Carlos Nieves	58204221	TAMEFISA	Operario	
6	Juan Tenorio	41562385	TAMEFISA	Operario	
7	Carlos Rodríguez	40879536	TAMEFISA	Operario	
8	Juan Molero	06358213	TAMEFISA	Ayudante	
9	Elvis Mayta	42657852	TAMEFISA	Ayudante	
10	Roger Suarez	40328754	TAMEFISA	Ayudante	
11	Richard Rojas	4087964	TAMEFISA	Operario	
12	Augusto Escalante	40216572	TAMEFISA	Calidad	
13	Félix Prado	40325871	TAMEFISA	Supervisor	
14					
15					

Elaboración propia

Se observa en este formato de Registro de Asistencia a Capacitación, que se tendrá que completar de acuerdo a cada capacitación que se realice, el llenado de la fecha, el nombre de la empresa, el nombre de la capacitación, la Duración o tiempo de duración de la capacitación, el tema que se desarrolló durante la capacitación, la firma del asistente, el nombre del expositor, nombres de los asistentes, su respectivo DNI, la empresa donde laboran, el cargo que ocupan y su firma. Todo esto se realizará con el objetivo de llevar la

cuenta de los asistentes a la capacitación. Adicionalmente, se muestra el procedimiento y una guía para la capacitación del personal técnico, como se ve en la figura 26:

PR- 01	Procedimiento para la capacitación del personal técnico	Pag. 01
Versión 01		__/__/2020
<p>I. Obejtivo</p> <p>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 lograran resultados más eficientes, con un mínimo margen de error</p> <p>II. Meta</p> <p>Tener el total de los trabajadores capacitados para las actividades de mejora, para lo cual deben desarrollar sus habilidades estratégicas</p> <p>III. Alcance</p> <p>Este plan debe ser aplicado al área técnica y operacional</p> <p>IV. Material a consultar</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>*Material proporcionado por proveedores</li> <li>* Flujograma de trabajo estandarizado</li> <li>*Evaluaciones de desempeño</li> <li>*Formatos de capacitación</li> </ul> <p>V. Responsabilidad</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>*En los equipos de trabajo formados, el encargado debe velar por el cumplimiento de los planes de acción</li> <li>*El jefe del área debe velar por la capacitación en habilidades estratégicas</li> </ul> <p>VI. Recursos</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>*Recurso humano de trabajadores y personal técnico</li> <li>*Recursos materiales como pizarras, plumones, lápices, hojas, entre otros.</li> </ul> <p>VII. Descripción del procedimiento o Temario</p> <p>Definición de trabajo</p> <p>Descripción de procedimientos</p> <p>Determinación lógica de actividades</p> <p>Uso de herramientas para la implementación</p> <p>Explicar los procesos a seguir</p> <p>Beneficios de la estandarización</p>		

Figura 27 Procedimiento para la capacitación del personal técnico

Empresa TAMEFISA	Fecha: __/__/20120	
<b>HOJA DE CAPACITACIÓN DE TRABAJO</b>		
<b>NOMBRE DE LA CAPACITACIÓN</b>		
Introducción a la metodología del trabajo de acuerdo al enfoque de Ingeniería de métodos		
<b>OBJETIVOS DE LA CAPACITACIÓN</b>		
<b>OBJETIVOS GENERALES</b>		
Objetivo General 1:	Se desea establecer una secuencia lógica para la realización de trabajos de la manera más eficiente, cometiendo el menor margen de error posible y sin generar pérdidas a la empresa	
<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>		
Objetivo Específico 1:	Establecer una secuencia lógica de acciones	
Objetivo Específico 2:	Contar con un buen índice de repetitividad de acciones	
Objetivo Específico 3:	Generar labores eficientes y seguras	
<b>CONTENIDO TEMÁTICO</b>		
<b>Audiencia</b>	<b>Tema</b>	<b>Contenido</b>
Personal técnico	Metodología de trabajo estandarizado	* Definición y beneficios del trabajo estandarizado
		* Determinación de componentes
		* Descripción de procedimientos operativos estándar
		* Determinación de secuencia lógica
		* Uso de herramientas
		* Explicar los procesos
		* Formatos y registros
* Auditorias y controles		
		La Administración

Figura 28 Hoja de capacitación en el trabajo

Elaboración propia

En las figuras anteriores se ha mostrado los lineamientos y objetivo que deben seguir las capacitaciones a modo de lograr el impacto necesario para el incremento de la productividad de los trabajadores.

#### 2.4.5.2. Eliminar actividades innecesarias en uso de maquinarias y equipos.

Para lograr la reiniciación, o al menos la reducción, de las actividades innecesarias, se plantea un sistema de revisión constante para cambios en dicho aspecto; este punto debe ir de forma conjunta con la identificación de actividades productivas o colaborativas a fin de lograr identificar los elementos que no son necesarios en el proceso productivo. En otras palabras, conociendo las actividades primordiales en el trabajo, todas las demás serán consideradas innecesarias por lo que se procederá a su eliminación, como guía se muestra la siguiente tabla.

Tabla 25

#### *Lineamientos de seguridad y manejo de máquinas*

N°	Características	Sí	No	NA	Obs
<b>Lineamientos Generales de Seguridad para Máquinas de</b>					
1	El trabajador sólo utiliza las maquinarias para las que ha sido entrenado.		X		Efectuado 2/07/2019
2	Las máquinas son revisadas verificando que las piezas de protección estén bien ubicadas.		X		Efectuado 2/07/2019
3	Previo a poner en funcionamiento a la máquina se verifica que la mercadería de manufactura esté bien ubicada.		X		Efectuado 2/07/2019
4	Se verifica el correcto funcionamiento de las piezas	X			Efectuado 2/07/2019
5	Uso de elementos para protección personal necesarios y adecuados		X		Efectuado 2/07/2019
6	No llevar ropa suelta, anillos, relojes, cadenas o colgantes por parte del personal al trabajar con maquinaria.	X			Efectuado 2/07/2019
<b>Lineamientos para Manejo Seguro de maquinaria</b>					
9	Se realiza limpieza tanto interna como externa con ayuda de sistema de limpieza o con una bocha.		X		Efectuado 2/07/2019
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	X			Efectuado 2/07/2019
11	Se previene que el área de la máquina se mantenga libre de algún otro trabajador u objeto cuando se encuentra en funcionamiento.		X		Efectuado 2/07/2019
12	Se cuenta con el manual de procedimientos de la máquina cerca del área de trabajo		X		Efectuado 2/07/2019
13	Se realizan las labores con el mayor cuidado posible	X			Efectuado 2/07/2019
14	Se consideran el orden y limpieza en las actividades		X		Efectuado 2/07/2019
	Restricciones: No se observaron restricciones, el personal colaboró con la supervisión				

	_____ <b>MAURO- ALFREDO</b> <b>Operador Responsable</b>				

Elaboración propia

Se observa el listado de los lineamientos generales donde el operador, se encarga de responder marcando en las columnas de Sí, No, o Ninguna de las Anteriores, de acuerdo a su requerimiento o necesidad realizará el llenado de las observaciones y finalmente corroborará el registro de Inspección mediante su firma y la firma del responsable.

Tabla 26

*Inspección de maquinaria*

Muestra del día 3/07/2019

Puntos de Inspección	Sí	No	NA	Observaciones
El cable de conexión de electricidad está en buenas condiciones.		X		Efectuado el 3/07/2019
Se encuentra en buen estado la carcasa protectora de corte.		X		Efectuado el 3/07/2019
El botón de encendido funciona correctamente.	X			Efectuado el 3/07/2019
Cuenta con guía visual para realizar el trabajo.		X		Efectuado el 3/07/2019
La placa de la base está en buenas condiciones.	X			Efectuado el 3/07/2019
El cableado de conexión se encuentra en buen estado.		X		Efectuado el 3/07/2019
Estado de limpieza del equipo (libre de polvo, aceite y grasa).		X		Efectuado el 3/07/2019
Estado de engranaje de equipo y/o Maquinaria.	X			Efectuado el 3/07/2019
Restricciones de Uso: Se recomienda dar un mantenimiento exterior a la maquinaria para mejorar sus condiciones de operación. Operario no recuerda bien algunos lineamientos básicos  _____ Operario				
_____ MAURO - ALFREDO Responsable				

Elaboración propia

El uso de ambas herramientas de forma conjunta permitirá conocer el nivel de efectividad en el trabajo, siendo las demás actividades que realice el operador, innecesarias y deben ser eliminadas para el alcance de la productividad más alta. Dado que la gran mayoría de trabajos se realiza con el uso de maquinarias y equipos, es necesario contar con

lineamientos guía para el desarrollo de forma efectiva y segura. Finalmente, se muestra el diagrama de hombre – máquina, como se ve en la figura 27.

Tabla 27

Diagrama hombre – máquina

DIAGRAMA HOMBRE - MAQUINA				
<b>Proceso: ROSCAR , TALADRAR, REFRENTAR EN EL TORNO CNC</b>				
<b>Fecha: 09/08/2019</b>	<b>Elaborado por:</b> MAURO-ALFREDO		<b>Maquina 1:</b> TE-0025	
<b>El estudio Inicia:</b> Montaje maq. 1	<b>Operario:</b> JUAN TENORIO		<b>Maquina 2:</b> TE-0028	
			<b>Maquina 3:</b>	NO APLICA
			<b>Maquina 4:</b>	NO APLICA

Operario			Maquina 1		Maquina 2		Maquina 3		Maquina 4	
Tiempo	Carga	Actividad	Carga	Actividad	Carga	Actividad	Carga	Actividad	Carga	Actividad
1	Carga	Preparación Maquina 1	Carga	ROSCAR	Carga	ROSCAR				
2										
3										
4	Carga	Preparación Maquina 2	Carga	TALADRAR	Carga	TALADRAR				
5										
6										
7	Carga	Inactividad	Carga	REFRENTAR	Carga	REFRENTAR				
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										

15									
16									
17									
18									
19									
20									
21									
22									

Resumen y Análisis de la información						
Tipo	Roscar	Taladro	Refrentado	Operario	Tiempo de ciclo en segundos	% de Utilización
revoluciones	477	318	531	OP. 1	21.3	49.46%
revoluciones necesarias por pasada	477	318	531	OP. 2	22.2	
avances	4	2	0.2	OP. 3	22.00	
numero de pasadas necesarias	6	6	1	OP.4	21.00	
profundidad total	3	30	1			
recorrido	80	85	30			
profundidad de corte primera pasada	0.5	5	1			

Elaboración propia

### 2.4.5.3. Nuevas herramientas de trabajo

Para lograr cambios en los tiempos y una mejora de la productividad, es necesario el empleo de herramientas según la metodología de ingeniería de métodos. Se utilizaron los formatos para el estudio de tiempos, los cuales se encargan de registrar una variedad de datos numéricos, incluyendo códigos, tiempos de operación, entre otros. Para facilitar el registro, los formatos comprenden áreas específicas para el llenado de datos, de manera que todos los datos considerados relevantes poseen un área por llenar. A su vez, los formatos pueden utilizarse tanto en el momento en el que se hacen las observaciones, como al finalizar la recolección de información, pues son de utilidad para el análisis de la información. Por último, en caso se utilicen herramientas informáticas para el registro de datos, será necesario implementar un registro de notas básicas, donde se considere la fecha, hora, nombre del responsable y nombre del personal técnico. Entre los formularios más comunes se encuentra:

- ✓ Primera hoja de estudio de tiempo: En este formato se incluyen los elementos principales que componen el proceso, incluyendo los tiempos que separan cada elemento o actividad. El formato consiste en áreas o casilleros donde se completa la información descrita.
- ✓ Hojas siguientes de estudio de tiempo: Aquí se registran los datos complementarios del estudio de tiempos, donde se incluye la descripción de las actividades, los tiempos y las observaciones respectivas.
- ✓ Formulario de ciclo breve: Se utiliza para el registro de operaciones cortas, ya sea para el caso donde dichas operaciones cortas son el complemento a la actividad principal, o cuando las operaciones cortas componen la actividad de principal.
- ✓ Hoja de trabajo: Documento utilizado para analizar los datos recogidos; se detallan los tiempos representativos y se resaltan las observaciones de las operaciones realizadas. Debido a las diferentes formas de realizar el análisis, el formato de hoja de trabajo suele variar dependiendo de los especialistas a cargo.
- ✓ Hoja de resumen: Se trata de un formato donde se recopila la información recolectada; en específico, se agrupa la información referente a los tiempos de todos

los elementos estudiados. Incluye casilleros donde se coloca la información de las operaciones y otra información necesaria en el resumen.

- ✓ Hoja de análisis: Se trata del documento donde se recopila la información expuesta en la hoja de resumen. Esta hoja sirve a los especialistas como insumo para el análisis de los resultados; se trata, entonces, del documento posterior a la hoja de resumen. Se considera que dicho documento es relevante para el análisis futuro, pues se detallan los tiempos básicos para todos los elementos de la operación.

En este sentido, se proponen algunos formatos para medir el tiempo necesario en las actividades a desarrollar, los cuales se muestran en las siguientes tablas.

Tabla 28

*Formato de estudio de tiempos con observaciones*

Estudio de tiempos																
Área: PRODUCCIÓN				Hoja Observación 2 (escenario previo)												
Operación: ROSCAR, TALADRAR, REFRENTAR EN EL TORNO CNC				Inicio: 12/07/2019												
				Final : 12/07/2019												
				Tiempo transcurrido:												
				Operario: JUAN TENORIO												
Producto: HUSILLOS DE COBRE				Ficha numero: 349114												
				Observado por: MAURO - ALFREDO												
				Fecha: 12/07/2019												
N°	Descripción de actividad	Observaciones										Total T.O.	Prom. T.O	V	TB	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10					
	Traslado	x	x	x	x								6.59	1.55	1	
	Montaje	x	x	x	x								9.4	2.35	1	
	Puesta en marcha	x	x	x	x								2.32	0.4775	1	
	Mecanizado	x	x	x	x								70.5	17.525	1	
	Retirado												5.4	1.35		
	TOTAL	x	x	x	x								95.4	23:55	1	23:55
Nota: V= Valoración TO= Tiempo Observado TB= Tiempo básico																

Fuente: Adaptado de Kanawaty (2001)

En la tabla expuesta, se observa el formato de estudio de tiempos con observaciones, donde se debe especificar el área donde se desarrolla la actividad, el nombre de la operación realizada y el producto que resulta de dicha operación. Asimismo, el formato incluye su código particular, el registro de tiempo de la operación y la fecha en la que se efectúa. La

operación realizada puede realizarse por medio de una o varias actividades, las cuales deberán consignarse en el formato con su respectiva medición de tiempo, conocida como Tiempo Observado; este tiempo es valorado y contrastado con el tiempo básico o tiempo estándar.

Tabla 29

*Formato de estudio de tiempos con frecuencia de observación*

<b>Estudio de tiempos</b>				
Área: PRODUCCIÓN			Hoja: Cálculo escenario inicial	
Operación: ELABORACIÓN DE HUSILLOS DE COBRE			Termino 15/07/2019	
			Final 15/07/2019	
			Tiempo transcurrido	
			Operario: JUAN MOLERO	
Producto: HUSILLOS DE COBRE			Ficha numero: 358291	
			Observado por: MAURO - ALFREDO	
			Termino 15/07/2019	
N°	Final 17/09/2019	T.B.	F.	OBS
1	transportar material a sierra mecánica	0:58	1	3 observaciones
2	cortar barra de cobre a 1000 mm de longitud	07:55	1	3 observaciones
3	Transportar barra de cobre a torno cnc.	01:05	1	3 observaciones
4	taladrar, roscar y refrentar a 235mm de longitud	23:45	1	3 observaciones
5	Transportar barras de cobre a la fresadora.	02:20	1	3 observaciones
6	fresar canal a la barra se cobre	11:40	1	3 observaciones
7	Trasladar al torno convencional.	01:52	1	3 observaciones
8	lijar y dar acabado el husillo	10:32	1	3 observaciones
9	trasladar al área de control de calidad	03:00	1	3 observaciones
10	Inspección y embalaje del producto	19:55	1	3 observaciones
11	Almacenamiento de Producto terminado.	04:35	1	3 observaciones
	TOTAL	1:2737		3 observaciones
Nota: TB= Tiempo básico F= Frecuencia de aparición por cada ciclo OBS= N° de observaciones				

Fuente: Adaptado de Kanawaty (2001)

Análogamente, el formato de estudio de tiempos con frecuencia de observación consiste en el registro del área a la que pertenece la operación, el nombre de la operación y el producto que se ejecuta. Aquí también se consignan las actividades que corresponden a la creación del producto, además de los tiempos básicos calculados y la frecuencia de aparición de los elementos en cada actividad. A su vez, se incluyen el número de observaciones que se realizaron a cada actividad para determinar los valores consignados.

Tabla 30

*Formato de estudio de tiempos en máquina*

Estudio de tiempo en máquina								
Tipo de equipo: Máquina de producción				Preparado por:		Mauro - Alfredo		
Producto: Husillo de cobre				Fecha:		10/07/2019		
Operación: ROSCAR , TALADRAR, REFRENTAR EN EL TORNO CNC								
Sec. Num.	Descripción del movimiento	Máquina		Mano izquierda		Mano derecha		Carga
		Simb	tmu	Simb	tmu	Simb	tmu	tmu
1	Traslado	D	00:00:00	No aplica	0	→	00:01:59	00:01:59
2	Montaje	D	00:00:00	No aplica	0	○	00:02:50	00:02:50
3	Puesta en marcha	○	00:00:43	No aplica	0	D	00:00:43	00:00:43
4	Mecanizado	○	00:17:45	No aplica	0	○	00:17:45	00:17:45
5	Retirado	D	00:00:00	No aplica	0	○	00:01:20	00:01:20
Observaciones	Total tmu	Maq	0:18:28	M.I	0	M. D.	0:24:37	
					Minutos básicos		0:24:37	
					Total minutos básicos		0:43:05	
					Suplementos (%)		15%	
				Minutos tipo		0:49:33		

Fuente: Adaptado de Kanawaty (2001)

Seguidamente, en el formato de estudio de tiempos en máquina se registran los datos del equipo utilizado, la fecha y el responsable de su preparación; además, se especifican todos los movimientos que corresponden a la operación realizada, incluyendo tiempos de maniobra y el peso de la carga. Al pie del formato se coloca el tiempo total utilizado y el tiempo básico medido.

Tabla 31

*Formato de estudio de tiempos con generalizado*

Estudio de tiempos				
Área: PRODUCCIÓN			Hoja: 2134	
Operación: MAURO – ALFREDO			Inicio: 12/08/2019	
			Final: 12/08/2019	
			Tiempo transcurrido: 1:40:46	
			Operario: MAURO – ALFREDO	
Producto: HUSILLOS DE COBRE			Ficha numero	
			Observado por MAURO – ALFREDO	
			Fecha: 12/08/2019	
Descripción de actividad	V.	C.	Suplementos	T.S.
transportar material a sierra mecánica	100%	00:00:58	00:00:09	00:01:07
cortar barra de cobre a 1000 mm de longitud	100%	00:07:55	00:01:11	00:09:06
transportar barra de cobre a torno cnc.	100%	00:01:05	00:00:10	00:01:15
taladrar, roscar y refrentar a 235mm de longitud	100%	00:23:45	00:03:34	00:27:19
transportar barras de cobre a la fresadora.	100%	00:02:20	00:00:21	00:02:41
fresar canal a la barra se cobre	100%	00:11:40	00:01:45	00:13:25
trasladar al torno convencional.	100%	00:01:52	00:00:17	00:02:09
lijar y dar acabado el husillo	100%	00:10:32	00:01:35	00:12:07
trasladar al área de control de calidad	100%	00:03:00	00:00:27	00:03:27
inspección y Embalado del husillo de cobre	100%	00:19:55	00:02:59	00:22:54
Almacenamiento de Producto terminado.	100%	00:04:35	00:00:41	00:05:16
TOTAL		1:27:37	0:13:09	1:40:46
Nota: V= Valoración C= Cronometraje TS = Tiempo estandar				

Fuente: Adaptado de Kanawaty (2001)

En el formato de estudio de tiempos generalizado se ubican los detalles correspondientes al área, operación, responsable, fecha, entre otros; también, se especifica el producto elaborado y la descripción de las actividades realizadas. Por cada actividad se lleva a cabo un cronometraje de tiempo y una valoración; asimismo, a cada actividad le corresponde un tiempo restado, que comprende los tiempos perdidos a criterio del responsable. Con los valores consignados se realiza el cálculo del tiempo básico, que expresa el tiempo requerido para procesar cada elemento.

Tabla 32

Formato de suplementos

Producto		Suplementos																								Total de puntos	Total suplemento (%)
Operación		Tensión física								Tensión mental								Condiciones de trabajo									
El. Núm.	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		
h1	transportar material a sierra mecánica	M	1	M	1	M	1	M	1	M	1	M	1	M	1	M	1	M	1	M	1	M	1	M	1	12	1.20%
H2	cortar barra de cobre a 1000 mm de longitud	A	2	M	1	A	2	A	2	A	2	M	1	M	1	M	1	A	2	M	1	A	2	M	1	18	1.80%
h3	Transportar barra de cobre a torno cnc.	M	1	M	1	M	1	M	1	M	1	M	1	M	1	M	1	M	1	M	1	M	1	M	1	12	1.20%
h4	taladrar, roscar y refrentar a 235mm de longitud	M	1	A	2	M	1	A	2	M	1	A	2	M	1	A	2	A	2	A	2	A	2	A	2	20	2.00%
h5	Transportar barras de cobre a la fresadora.	M	1	M	1	M	1	M	1	M	1	M	1	M	1	M	1	M	1	M	1	M	1	M	1	12	1.20%
h6	fresar canal a la barra se cobre	A	2	A	2	A	2	A	2	A	2	A	2	A	2	M	1	A	2	M	1	A	2	M	1	21	2.10%
h7	Trasladar al torno convencional.	B	0.5	M	1	B	0.5	M	1	M	1	M	1	M	1	M	1	B	0.5	M	1	B	0.5	M	1	10	1.00%
h8	lijar y dar acabado el husillo	A	2	A	2	A	2	A	2	A	2	A	2	A	2	A	2	A	2	A	2	A	2	A	2	24	2.40%
h9	trasladar al área de control de calidad	B	0.5	M	1	M	1	B	0.5	M	1	B	0.5	M	1	B	0.5	M	1	B	0.5	M	1	B	0.5	9	0.90%
h10	inspección y Embalado del husillo de cobre	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%
h11	Almacenamiento de Producto terminado.	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%
																										TOTAL	15.0%

Fuente: Adaptado de Kanawaty (2001)

Por otro lado, en la figura mostrada se tiene el formato para el estudio de suplementos, donde se especifican los tiempos de descanso por fatiga para cada elemento de la actividad; a su vez, en cada columna se dividen las categorías del suplemento. Es decir, en cada elemento se producen paros debido a la fatiga producida por tensión física o mental, o por las propias condiciones del trabajo; esos paros son cuantificados y registrados en la categoría correspondiente; finalmente, se obtiene un resultado del número de puntos y el total de suplementos por fatiga.

#### 2.4.5.4. Reducción de tiempo en actividades colaborativas y aumentar las productivas

En este punto es necesario efectuar el diagrama de análisis del proceso a fin de identificar las actividades colaborativas y productivas, es por ello que se presentan los siguientes formatos para identificar dichos puntos.

Tabla 33

*Diagrama de análisis del proceso*

		Resumen				
		Actual	Propuesta	Mejora		
Proceso:		Operac.	4			
		Transpor	6			
		Demora	-			
		Inspecc.	1			
		Almacen	2			
#	Descripción de Actividad	Símbolo				Observaciones
1	Traslado de materia prima	○	⇨	□	▽	3 observaciones
2	Almacenamiento de materia prima	○	⇨	□	▽	3 observaciones
3	Traslado de barras	○	⇨	□	▽	3 observaciones
4	Uso de sierra mecánica	○	⇨	□	▽	3 observaciones
5	Traslado barras a torno CNC	○	⇨	□	▽	3 observaciones
6	Taladrar rocas y refrendar a 235mm	○	⇨	□	▽	3 observaciones
7	Traslado de barras a fresadora	○	⇨	□	▽	3 observaciones
8	Uso de fresadora	○	⇨	□	▽	3 observaciones
9	Traslado a torno a convencional	○	⇨	□	▽	3 observaciones
10	Uso de torno convencional, lijado y acabado	○	⇨	□	▽	3 observaciones
11	Traslado hacia almacén	○	⇨	□	▽	3 observaciones
12	Inspección y embalado	○	⇨	□	▽	3 observaciones
13	Almacenamiento terminado	○	⇨	□	▽	3 observaciones

Elaboración propia

Seguidamente, en el Diagrama de análisis del proceso se observan las descripciones de las actividades que componen el proceso. En el formato mostrado, se incluyen las casillas para el llenado de la descripción, así como los símbolos que representan el flujo del proceso y las observaciones de cada actividad. Dentro de las observaciones puede colocarse información complementaria, como los tiempos empleados, distancia recorrida, materiales utilizados, entre otros; a su vez, los símbolos serán representativos de la actividad que se realice, ya sea de espera, transporte, operación, inspección o almacenamiento.

Tabla 34

*Diagrama bimanual*

Escenario inicial

Diagrama BIMANUAL							
						Fecha: 12/08/2019 _____	
						Hoja Nro. _____ de _____	
Actividad: ROSCAR , TALADRAR, REFRENTAR EN EL TORNO CNC	RESUMEN						
	Actividad	Inicial		Propuesta		Economía	
		IZQ	DER	IZQ	DER	IZQ	DER
Area: PRODUCCIÓN	OPERACIÓN ○		3				
Operario:	MOVIMIENTO ⇨		1				
Método: <input type="checkbox"/> Inicial	SOSTENIMIENTO ▼		0				
	ESPERA/DEMORA D		1				
Elaborado: MAURO - ALFREDO	TOTAL		5				
Mano Izquierda				Mano Derecha			
Descripción de la Actividad	Símbolo	Símbolo	Descripción de la Actividad	Símbolo	Símbolo	Descripción de la Actividad	Símbolo
No presenta movimiento diferenciado	○ ⇨ ▼ D	○ ⇨ ▼ D	Traslado	○ ⇨ ▼ D	○ ⇨ ▼ D		
No presenta movimiento diferenciado	○ ⇨ ▼ D	○ ⇨ ▼ D	Montaje	○ ⇨ ▼ D	○ ⇨ ▼ D		
No presenta movimiento diferenciado	○ ⇨ ▼ D	○ ⇨ ▼ D	Puesta en marcha	○ ⇨ ▼ D	○ ⇨ ▼ D		
No presenta movimiento diferenciado	○ ⇨ ▼ D	○ ⇨ ▼ D	Mecanizado	○ ⇨ ▼ D	○ ⇨ ▼ D		
No presenta movimiento diferenciado	○ ⇨ ▼ D	○ ⇨ ▼ D	Retirado	○ ⇨ ▼ D	○ ⇨ ▼ D		
	○ ⇨ ▼ D	○ ⇨ ▼ D		○ ⇨ ▼ D	○ ⇨ ▼ D		
	○ ⇨ ▼ D	○ ⇨ ▼ D		○ ⇨ ▼ D	○ ⇨ ▼ D		
	○ ⇨ ▼ D	○ ⇨ ▼ D		○ ⇨ ▼ D	○ ⇨ ▼ D		
	○ ⇨ ▼ D	○ ⇨ ▼ D		○ ⇨ ▼ D	○ ⇨ ▼ D		
	○ ⇨ ▼ D	○ ⇨ ▼ D		○ ⇨ ▼ D	○ ⇨ ▼ D		
	○ ⇨ ▼ D	○ ⇨ ▼ D		○ ⇨ ▼ D	○ ⇨ ▼ D		
	○ ⇨ ▼ D	○ ⇨ ▼ D		○ ⇨ ▼ D	○ ⇨ ▼ D		

Elaboración propia

En lo correspondiente al diagrama bimanual, se presente la tabla anterior, donde se expone la información que se necesita; en resumen, se tiene que el diagrama consiste en un formato de flujo donde se registra la actividad manual de los trabajadores, así como la relación que se da entre ambas extremidades. Además de la información que detalla la fecha, el nombre de la actividad y el responsable, se ilustran las actividades de manera gráfica incluyendo a operación, movimiento, sostenimiento y espera. Por tanto, a cada descripción de la actividad le corresponde un símbolo; ello se da para ambas manos de manera simultánea. En cada fila se consigna solo una acción, a menos que estas se realicen en un único momento del tiempo; asimismo, el orden de las acciones debe corresponderse con la realidad.

Tabla 35

*Diagrama de actividades múltiples*

Escenario inicial

Diagrama de actividades múltiples					
Diagrama N° 451235		Resumen			
			Actual	Propuesto	Economía
Procedimiento: Fabricación de husillos		Tiempo de ciclo			
		Hombre	1:27:37		
		Máquina	01:27:37		
Maquina: DSFGH-2901		Tiempo de trabajo			
		Hombre	00:44:17		
		Máquina	00:43:20		
Operario: MAURO - ALFREDO		Tiempo inactivo			
		Hombre	00:43:20		
		Máquina	00:44:17		
		Utilización			
		Hombre	50.54%		
		Máquina	49.46%		
			<b>Hombre</b>		<b>Maquina</b>
H1	00:00:58		Transportar	00:00:58	
H2	0:08:53				Cortar
H3	0:09:58		Transportar	00:01:05	
H4	0:33:43			00:23:45	Taladrar, Roscar, Refrendar
H5	0:36:03		Transportar Barras	00:02:20	
H6	0:47:43		Fresar Canal de Cobre	00:11:40	Fresar Canal de Cobre
H7	0:49:35		Traslado	00:01:52	
H8	1:00:07		Lijar Husillo	00:10:32	Lijar Husillo
H9	1:03:07		Traslado	00:03:00	
H10	1:23:02		Inspeccion	00:19:55	
H11	1:27:37		Almacenamiento	00:04:35	

Elaboración propia

Análogamente, se muestra el diagrama de actividades múltiples, donde se registran los datos sobre los movimientos de los trabajadores, insumos y equipo en cualquier área de la empresa y durante el periodo de tiempo que se determine. En el formato expuesto se nota que se deberá incluir información sobre el procedimiento, la maquinaria y el operario a cargo; al lado derecho se incluyen los datos que resultan del diagrama; seguidamente, en la parte media inferior se especifican las actividades realizadas por el operario y las actividades realizadas por la maquinaria, de manera que se ilustre una línea de tiempo del trabajo en equipo de ambos elementos, considerando los tiempos de trabajo.

#### **2.4.5.5. Reasignación de personal en algunas actividades del proceso para una mejor gestión.**

En la búsqueda de lograr una mejor asignación del personal para las actividades que muestren falta de operarios, es necesario la medición del trabajo con el estudio de tiempos, con dicho conocimiento se podrá generar cambios efectivos de acuerdo a las actividades que tomen más tiempo en el proceso productivo. A su vez, para un entendimiento completo del estudio de tiempo, se definen algunos de sus elementos más importantes a continuación:

- ✓ Materiales para el estudio de tiempos: Se trata de los elementos físicos que se utilizan para la medición de los tiempos y ritmos de trabajo que corresponden a una acción específica; principalmente se utilizan el cronometro y el tablero.
  - Existen cronómetros mecánicos y electrónicos, ambos tipos se utilizan con frecuencia para el estudio de tiempos; a su vez, el mecánico posee tres variaciones, el ordinario, el vuelta en cero y el de registro fraccional; mientras que el electrónico puede utilizarse solo o con ayuda de un dispositivo de registro electrónico.
  - Por su parte, los tableros consisten en una superficie de madera o plástico donde se colocan los formularios que se utilizan para la recolección de información, esta plataforma se ubicará en un lugar fijo y sus dimensiones serán las adecuadas para contener uno o más formularios. Asimismo, en el tablero puede servir como ubicación de referencia para el cronometro, el cual puede colocarse al lado izquierdo o derecho del panel.

- ✓ Etapas del estudio de tiempo: Se trata de 8 etapas donde se especifican las actividades necesarias para cumplir con el estudio de tiempos; estas son:
  - Registrar la información: Consiste en recopilar y registrar toda la información relacionada a la tarea; se incluye la información referente al trabajador y a otros factores de trabajo que puedan influir en el desarrollo de las tareas.
  - Descomponer elementos: Se trata de registrar por completo los métodos utilizados, para ello se descompone la operación en elementos.
  - Examinar: Se utiliza la descomposición realizada para examinar y verificar que los métodos utilizados son los adecuados; a su vez, en esta etapa se determina el tamaño de la muestra.
  - Medición de tiempo: Se utilizan herramientas como el cronometro para llevar a cabo la medición y registro de los tiempos que utiliza cada trabajador para llevar a cabo cada elemento de la operación.
  - Determinar velocidad: El responsable de la medición de tiempo evaluará el tiempo medido y determinará el tiempo adecuado o estándar para dicho elemento.
  - Convertir tiempos: En base a la medición realizada, se utilizan los tiempos medidos para determinar los Tiempos Básicos (TB).
  - Determinar suplementos: Se eligen los suplementos que se añaden al tiempo básico de la acción.
  - Tiempo tipo: Se define el tiempo tipo o estándar que corresponde a la acción realizada.
- ✓ Recolección de datos: Para la recolección de datos se realizan varias actividades, como la preparación de la hoja de resumen, la anotación de frecuencia, entre otras; asimismo, se realizan actividades al finalizar la recolección, tales como la transcripción de información, el cálculo de suplementos, etc. A continuación, se explican todos los puntos referentes:

- Preparación de la hoja resumen: Se trata de realizar cálculos con los datos obtenidos del registro de tiempos; para los casos acumulativos, las cifras totales deben ubicarse al extremo derecho, tales cifras deben ser corroboradas las veces que sean necesarias, pues la información incorrecta que varía por milésimas puede alterar los resultados.
- Anotación de frecuencias: Seguidamente, se realiza la anotación de frecuencias, que consiste en el registro de las frecuencias con las que se presenta cada elemento; es decir, cuantifica la aparición repetitiva de un elemento durante la acción realizada.
- Conversión de datos: Una vez llenada la hoja de resumen se realiza el registro de los elementos; en seguida, el especialista realiza los cálculos conforme al formulario de estudio de tiempos, donde se consignan los tiempos observados. Con dicha información se realiza el cálculo de los tiempos básicos.
- Tiempo seleccionado: Se elige según la representatividad del grupo de tiempos que corresponden a un elemento. El tiempo seleccionado puede seleccionarse del grupo de tiempos observados y del grupo de tiempos básicos.
- Elementos variables: Son elementos que se analizan considerando varios factores a la vez; es decir, se analizan considerando la variación de otros elementos que suceden de manera transversal. Por ejemplo, si se analiza el tiempo para un corte de un pedazo de madera, además de considerar grosor, longitud del corte o dureza del insumo, deberá considerarse el tiempo para afilar la sierra, por lo que se descartan las observaciones realizadas mientras el trabajador cortaba con la sierra desafilada.
- ✓ Transcripción a la hoja: Se trata de la transcripción de los cálculos obtenidos a la hoja de resumen, donde se incluye la información clave y concisa.
  - Cantidad de datos: Sobre la cantidad de datos, no existe un método que señale con exactitud la cantidad de observaciones a realizar para obtener información confiable; uno de los métodos más utilizados consiste en realizar las

observaciones hasta que el promedio tienda a un valor constante; es decir, hasta que los tiempos observados presenten un comportamiento repetitivo.

- Hoja de análisis de estudio: Los datos consignados en la hoja de resumen son transferidos a la hoja de análisis de estudio, donde se resumen los resultados obtenidos. Asimismo, en esta hoja se incluye el cálculo de los tiempos básicos representativos finales correspondientes a cada elemento de la acción observada.
  - Contenido del trabajo: Valor que trata de la suma del tiempo básico, el suplemento por descanso y el suplemento por trabajo extra.
- ✓ Cálculo de suplementos: Se trata de cuantificar los espacios de tiempo que requiere el trabajador para completar la tarea encomendada. Los suplementos son necesarios debido a que el factor humano se agota en un determinado periodo de tiempo; ello sucede a pesar de que la tecnología incorporada reduzca el esfuerzo del trabajador. Otros suplementos: Por ejemplo, los suplementos por contingencias corresponden al margen que se incluye en el tiempo tipo como prevención a una carga laboral superior a la planeada o a una demora que debe ser recompensada. A su vez, los suplementos por razones de política son aquellos tiempos que la empresa añade al tiempo tipo con el fin de registrar mayor rentabilidad.
- ✓ Cálculo del tiempo tipo: Se define como el tiempo estándar para la realización total de la tarea; se calcula como la suma de los tiempos tipo de cada elemento perteneciente a la tarea y de los suplementos.

MODELO DE MEDICIÓN DEL TRABAJO ( Cálculo del Tiempo Promedio, Tiempo Básico, Tiempo Tipo y Tiempo Ciclo)

**Paso 1:** Definir los elementos que se van a evaluar dentro del estudio  
**Paso 2:** Colocar los tiempos observados de acuerdo a la evaluación a realizar.

**Paso 4:** Hallar el tiempo básico:  
 $TIEMPO\ BÁSICO = TIEMPO\ PROMEDIO \times VALORACIÓN$

**Paso 6:** Calcular los tiempos suplementos de cada elemento:  
 $Suplemento = Tiempo\ básico \times \% \text{ suplemento}$

N°	Elementos	TIEMPOS OBSERVADOS (EN MINUTOS)							TIEMPO PROMEDIO	VALORACIÓN (%)	TIEMPO BÁSICO	SUPLEMENTOS (%)	TIEMPO TIPO
		T1	T2	T3	T4	....	....	Tn					
1	Elemento 01												
2	Elemento 02												
3	Elemento 03												
4	Elemento 04												
5	Elemento 05												
6	Elemento 06												
7	Elemento 07												
...	Elemento ...												
...	Elemento ...												
...	Elemento ...												
n	Elemento n												
<b>TIEMPO CICLO</b>													

**Paso 6:** Hallar el tiempo tipo:  
 $TIEMPO\ TIPO = TIEMPO\ BÁSICO + SUPLEMENTOS$

**Paso 7:** Hallar el tiempo ciclo  
 $TIEMPO\ CICLO = \text{Sumatoria de todos los tiempos tipos}$

**Paso 3:** Obtener el tiempo promedio que es igual a la suma de los tiempos observados entre el número de elementos que conforman la evaluación:

Figura 29 Medición del trabajo

Fuente: Adaptado de Kanawaty (2001)

A modo de resumen en la tabla anterior se muestra la secuencia de ciertos pasos tales como:

- Definición de los elementos que van a ser evaluados durante el estudio
- Determinar los tiempos observados de acuerdo a la evaluación a realizar.
- Obtener el tiempo promedio que es la suma de los tiempos observados dividido entre el número de observaciones efectuadas.
- A partir de la valoración (tomar como referencia tabla británica que muestra el factor de acuerdo al ritmo de trabajo) de cada elemento se procede a encontrar el tiempo básico
- Como ya se conocen los suplementos, expresado como porcentaje, el valor obtenido en el paso anterior será multiplicado por dicho factor.
- Se procede a hallar los tiempos tipo que es la suma del tiempo básico más el suplemento, aquí se podrá observar las actividades que toman mayor tiempo de ejecución y se les deberá asignar mayor cantidad de operarios.
- Por último, se obtiene el tiempo de ciclo que es la sumatoria de todos los tiempos tipo.

## CAPÍTULO III RESULTADOS

### 3.1. Escenario posterior a la mejora

En la búsqueda de alcanzar una mejor productividad en la producción de husillos de cobre, se procederán a detallar algunos cambios importantes en cada punto indicado en la situación inicial.

#### 3.1.1. Actividades en la fabricación final

Existen lineamientos a desarrollar en la descripción de actividades, en donde se ha detallado el paso a paso a seguir para la elaboración del producto mediante la tabla.

Tabla 36

*Descripción de actividades finales para la fabricación de husillos de cobre*

DESCRIPCION DE ACTIVIDADES	
producto:	Husillos de cobre
materiales:	Barra de cobre de 30mm de diámetro x 3000 mm de longitud
maquinas:	Sierra mecánica, torno cnc, fresadora
herramientas e instrumentos:	Juego de machos para roscar m16, palanca portamachos, broca diámetro 14mm, calibrador, lija, grasa, lima.
T1	transportar material a almacén
C1	Revisión y almacenar barras de cobre
T2	transportar material a sierra mecánica
O1	cortar barra de cobre a 1000 mm de longitud
T3	Transportar barra de cobre a torno cnc.
O2	taladrar, roscar y refrentar a 235mm de longitud
C2	Revisión y transporte de barras a fresadora.
O3	fresar canal a la barra se cobre
T4	Trasladar al torno convencional.
O4	lijar y dar acabado el husillo
T5	trasladar al área de control de calidad
C3	inspección y Embalado del husillo de cobre
A1	Almacenamiento de Producto terminado.

Elaboración propia

Entre los pasos a desarrollar se encuentra el traslado del material, el almacenamiento de las barras de cobre, actividades operativas como el uso de taladro, lija y la inspección durante el proceso de embalaje para finalmente, almacenar el producto terminado en la zona correspondiente. A partir de ellos se ha diseñado el siguiente diagrama operativo del proceso que se muestra a continuación.

**3.1.2. Diagrama de operaciones del proceso final**

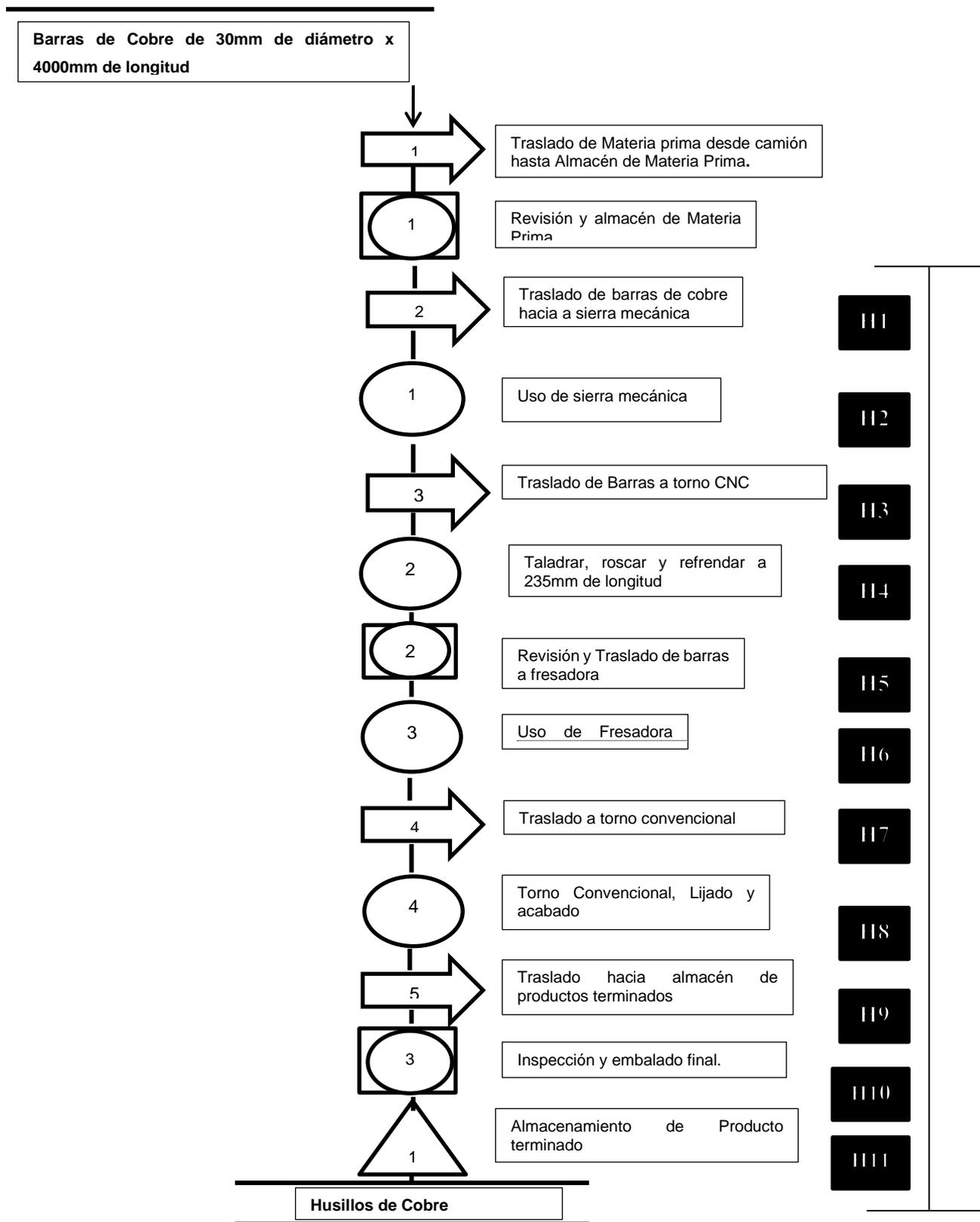


Figura 30 Diagrama de operaciones del proceso final

Elaboración propia

En el diagrama de operaciones del proceso se evidencia la secuencia de actividades para la fabricación de husillos de cobre, en donde se ha aclarado mediante el uso de formas la categoría de cada actividad, ya sea de traslado, de almacenamiento o transporte. Desde otra perspectiva se muestra el diagrama de análisis del proceso en la siguiente tabla.

### 3.1.3. Diagrama de análisis del proceso final

El diagrama de análisis del proceso permite la evaluación de las actividades en el proceso de fabricación de husillos mediante la comparación del escenario previo y posterior a la mejora; en este sentido, se brinda un lineamiento sobre la secuencia ordenada a través de la vinculación de los símbolos y la anotación de las observaciones.

Tabla 37

*Diagrama de análisis del proceso de fabricación de husillos final*

		Resumen					
		Actual	Propuesta	Mejora			
Proceso:		Operac.	4	5	1		
		Transpor	6	5	-1		
		Demora	-				
		Inspecc.	1	2	1		
		Almacen	2	2	-1		
#	Descripción de Actividad	Símbolo			Observaciones		
1	Traslado de materia prima	○	➡	D	□	▽	
2	Revisión y almacenamiento de materia prima	○	➡	D	□	▽	
3	Traslado de barras	○	➡	D	□	▽	
4	Uso de sierra mecánica	○	➡	D	□	▽	
5	Traslado barras a torno CNC	○	➡	D	□	▽	
6	Taladrar rocas y refrendar a 235mm	○	➡	D	□	▽	
7	Revisión y Traslado de barras a fresadora	○	➡	D	□	▽	
8	Uso de fresadora	○	➡	D	□	▽	
9	Traslado a torno a convencional	○	➡	D	□	▽	
10	Uso de torno convencional, lijado y acabado	○	➡	D	□	▽	
11	Traslado hacia almacén	○	➡	D	□	▽	
12	Inspección y embalado	○	➡	D	□	▽	
13	Almacenamiento terminado	○	➡	D	□	▽	

Elaboración propia

La tabla mostrada anteriormente guarda relación con el diagrama de operaciones del proceso puesto que refleja la presencia de 5 labores de operación, 5 de transporte, 2 de inspección y 1 de almacenamiento. Adicionalmente, se mostrará el porcentaje de actividades productivas a través de la siguiente formula.

Ecuación 4 Formula actividades productivas posterior (%)

$$\% \text{ Actividades productivas} = \frac{N^{\circ} \text{ operaciones} + N^{\circ} \text{ inspecciones}}{\text{Total de actividades}}$$

$$\% \text{ Actividades productivas} = \frac{5 + 2}{13}$$

$$\% \text{ Actividades productivas} = 53.85\%$$

En el cálculo anterior se ha podido determinar que existe un total de 5 labores de operación y 2 de inspección lo que determina un valor de 5 actividades a considerar como productivas respecto a las 13 en total; cabe resaltar que la diferencia corresponde a las actividades que no agregan valor, es decir, 8. A partir de ello, se considera que el 53.8% de las actividades del proceso de fabricación de husillos pertenecen a la categoría productiva, mientras que el equivalente restante, a saber 46.2% son consideradas actividades no productivas dado que señalan transporte de insumos o almacenamiento, labores que se presentan en gran número del proceso evaluado, lo cual se presenta en la siguiente formula:

Ecuación 5 Formula de actividades que no agregan valor final (%)

$$= \%ANV = \frac{\sum ANV}{\sum AT} \times 100$$

$$\% ANV = \frac{6}{13}$$

$$\% ANV = 46.15 \%$$

**3.1.4. Diagrama de recorrido final**

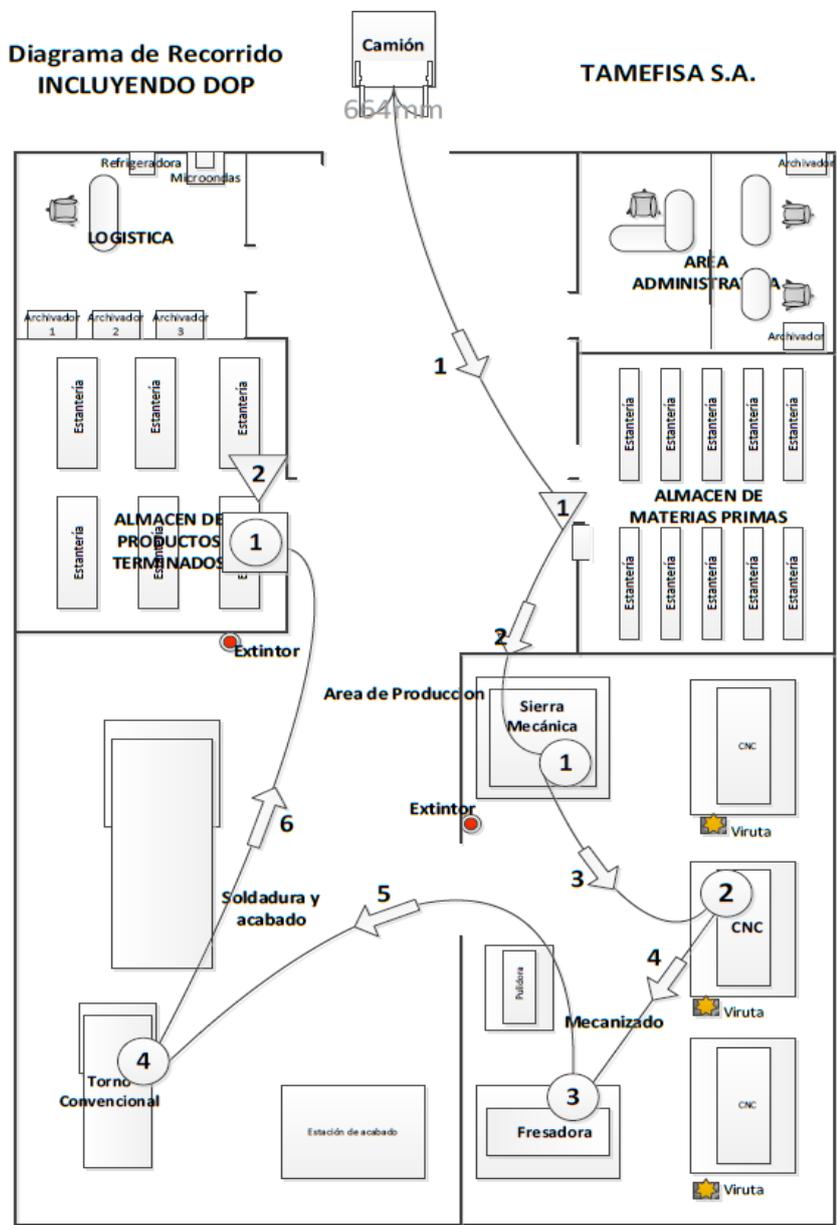


Figura 31 Diagrama de recorrido final

Elaboración propia

Otra herramienta importante en el análisis de la situación es el diagrama de recorrido dado que permite representar las actividades del diagrama de operaciones del proceso en el mapa donde ocurren las labores de producción. De esta manera se obtiene un panorama mucho más claro sobre la situación para continuar con la secuencia.

### 3.1.5. Análisis hombre – máquina final

Por otro lado, luego de lograr cambios importantes a partir de la mejora propuesta se ha obtenido un cambio en la relación entre el hombre y la máquina que se emplea en el proceso de producción; el conteo del tiempo se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 38

*Actividades hombre máquina de fabricación de husillos final*

Actividades		Tiempo
H1	transportar material a sierra mecánica	00:00:58
H2	cortar barra de cobre a 1000 mm de longitud	00:04:30
H3	Transportar barra de cobre a torno cnc.	00:01:05
H4	taladrar, roscar y refrentar a 235mm de longitud	00:19:00
H5	Transportar barras de cobre a la fresadora.	00:01:20
H6	fresar canal a la barra se cobre	00:06:40
H7	Trasladar al torno convencional.	00:00:38
H8	lijar y dar acabado el husillo	00:08:32
H9	trasladar al área de control de calidad	00:02:01
H10	inspección y Embalado del husillo de cobre	00:15:20
H11	Almacenamiento de Producto terminado.	00:02:35

Elaboración propia

En la tabla anterior se observa el tiempo que toma cada una de las actividades en la fabricación de husillos y de forma complementaria se diagrama toda la secuencia a través del análisis de dichos procedimientos en la siguiente figura.

		Hombre			Maquina
H1	00:00:58	Transportar	00:00:58		
H2	0:05:28		00:04:30		Cortar
H3	0:06:33	Transportar	00:01:05		
H4	0:25:33		00:19:00		Taladrar, Roscar, Refrentar
H5	0:26:53	Transportar Barras	00:01:20		
H6	0:33:33	Fresar Canal de Cobre	00:06:40		Fresar Canal de Cobre
H7	0:34:11	Traslado	00:00:38		
H8	0:42:43	Lijar Husillo	00:08:32		Lijar Husillo
H9	0:44:44	Traslado	00:02:01		
H10	1:00:04	Inspeccion	00:15:20		
H11	1:02:39	Almacenamiento	00:02:35		

*Figura 32 Análisis hombre máquina final*

Elaboración propia

Se observa que la producción con la interacción de maquinarias toma un tiempo total de 1 hora con 2 minutos y 39 segundos, en tanto que se han identificado actividades con importante duración como el taladrar, roscar y refrentar a 235mm de longitud de 19 minutos, el lijar y dar acabado el husillo con 8 minutos y 32 segundos, además de la inspección y embalado del husillo de cobre con 15 minutos con 20 segundos, entre otras.

Tabla 39

*Solución de tiempo en hombre máquina del proceso de fabricación de husillos final*

SOLUCION	
TIEMPO DE CICLO	1:02:39
TIEMPO DE TRABAJO DE HOMBRE	0:39:09
TEMPO DE TRABAJO DE LA MAQUINA	0:38:42
% DE EFICACIA DEL HOMBRE	62.49
% DE UTILIZACION DE LA MAQUINA	61.77
PRODUCCION POR HORA	0.98
CAPACIDAD DE ATENCION AL HOMBRE	1.60

Elaboración propia

En la tabla anterior se observa que existen un tiempo de ciclo de 1 hora con 2 minutos y 39 segundos, el cual se descompone en 39 minutos y 9 segundos del tiempo de trabajo del operario, 38 minutos y 42 segundos del tiempo de trabajo con la máquina, lo que determina una producción por hora de 0.98 lotes y una capacidad de atención del hombre de 1.60. La descomposición de cada etapa del tiempo se presenta en las siguientes líneas.

### 3.1.6. Análisis de tiempos final

- **Tiempo productivo**

Tabla 40

*Cálculo del tiempo productivo según actividades final*

Tiempo productivo para roscar, taladrar, refrentar en el torno CNC				
	Tiempo en minutos			Tiempo total
		Tiempo de ciclo	Tiempo de transferencia	
Operarios	Operario 1	17.75	1.5	19.25
	Operario 2	17.8	1.2	19
	Operario 3	17.9	1.4	19.3
	Operario 4	17.92	1.3	19.22

Elaboración propia

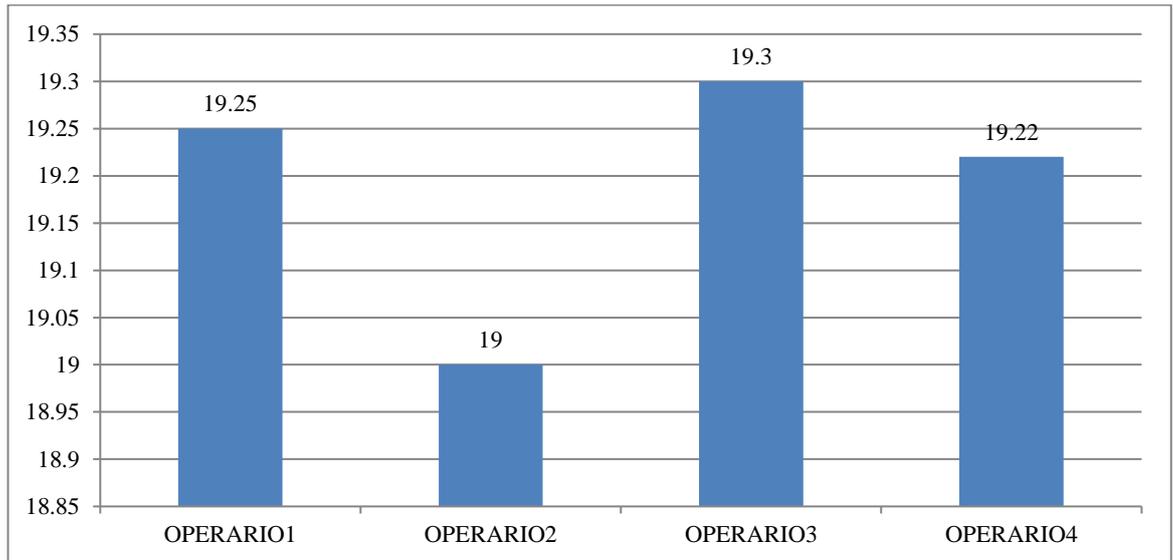


Figura 33 Tiempo productivo según operarios final

Elaboración propia

En la tabla y figura anterior se observa que para encontrar el tiempo productivo de la actividad de roscar, taladrar, refrentar en el torno CNC se ha contado con 4 observaciones de operarios, siendo el tiempo total la suma del tiempo de ciclo más el tiempo de transferencia. En este sentido, se ha encontrado que el valor más bajo de tiempo fue de 19 minutos y el más alto de 19.3 minutos tal como muestra la figura de forma didáctica.

- **Tiempo mecanizado**

Tabla 41

*Cálculo del tiempo mecanizado según actividades final*

	TIEMPOS EN MINUTOS			VARIABLES Y FACTORES					
	TIPO DE OPERACIÓN			DIMENSIONES DE LA PIEZA		TIPO DE MAQUINA	ESTADO DE LA MAQUINA	MATERIAL DE LA PIEZA	MATERIAL DE LA HERRAMIENTA
	ROSCAR	TALADRADO	REFRENTADO	LONG	Diáme.				
Operario 1	1.1	2.1	13	1000	30	torno cnc	operativo	cobre	carbурadas
Operario 2	1.2	1.8	13.3	1000	30	torno cnc	operativo	cobre	carbурadas
Operario 3	1.3	2.3	13	1000	30	torno cnc	operativo	cobre	carbурadas
Operario 4	1	2.2	13.5	1000	30	torno cnc	operativo	cobre	carbурadas

Elaboración propia

En la tabla anterior se observa en desarrollo del tiempo mecanizado para las la actividad de roscar, taladrar y refrentar el torno CNC, donde se indica la longitud de la pieza además del diámetro de la misma; a partir de ello se comenta sobre el tipo de maquina a emplear, el material de la pieza y las herramientas. Los tiempos alcanzados por los operarios para la actividad de refrentado es entre 13 y 13.5 minutos, lo cual evidencia una variación pequeña entre ellos.

- **Tiempo ocioso**

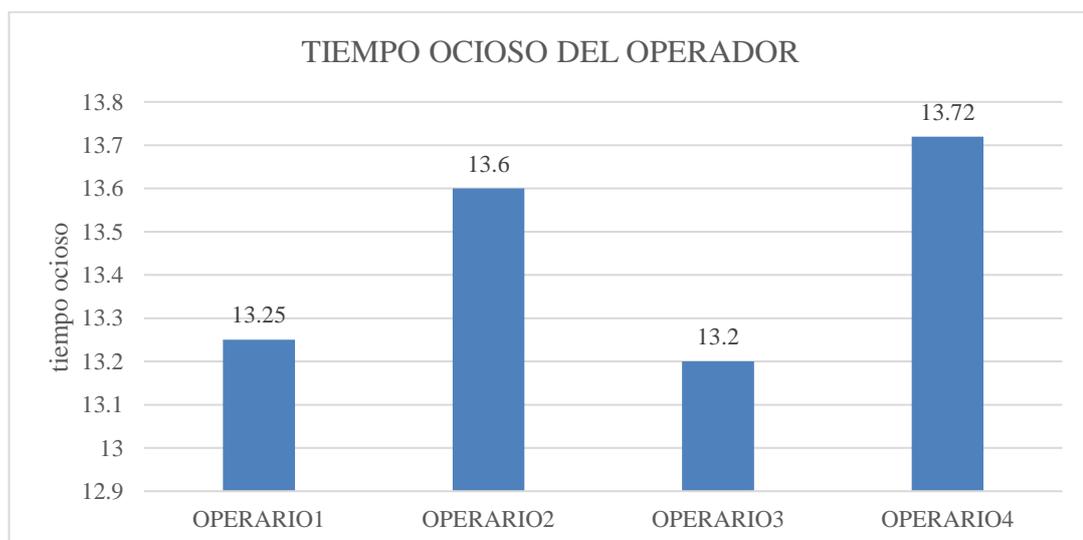
En la presente sección se ha desarrollado el tiempo ocioso observado en la ejecución de las labores, siendo la observación a través de 4 operarios tanto para el operador como para la máquina.

Tabla 42

*Cálculo del tiempo ocioso de operario según actividades final*

Tiempo productivo para roscar, taladrar, refrentar en el torno CNC				
	Tiempo en minutos			Tiempo Total
		Mecanizado	Encendido de la máquina	
Operarios	Operario 1	13	0.25	13.25
	Operario 2	13.3	0.3	13.6
	Operario 3	13	0.2	13.2
	Operario 4	13.5	0.22	13.72

Elaboración propia



*Figura 34* Tiempo ocioso según operarios final

Elaboración propia

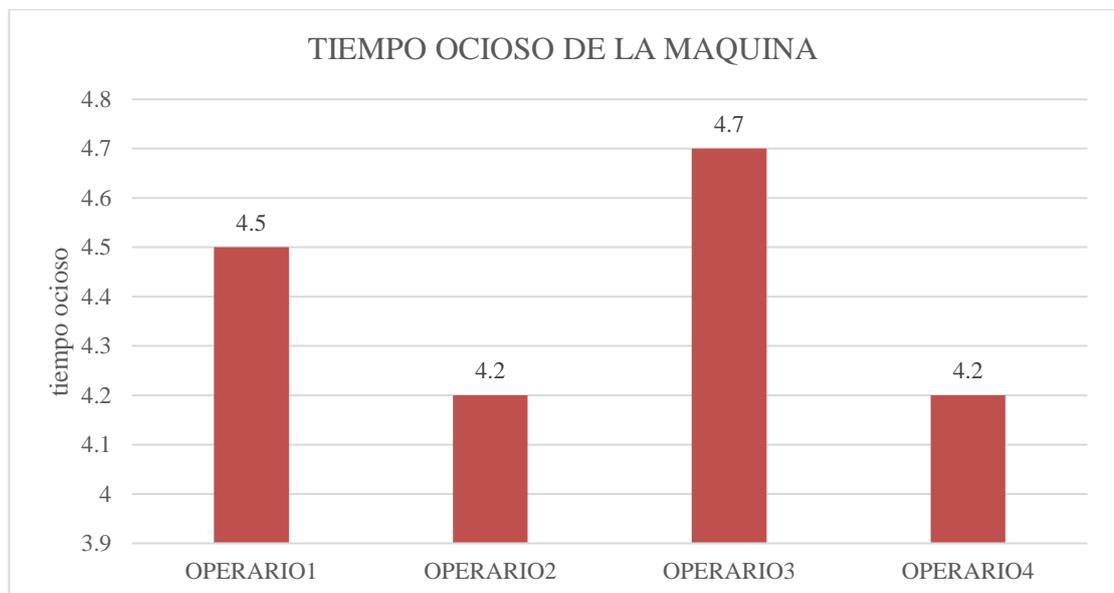
En la tabla y figura anterior se observa el tiempo ocioso de 4 operarios en donde se ha encontrado que este valor oscila entre los 13.25 minutos y los 13.72 minutos, que corresponden a la suma del mecanizado y el encendido de la maquina; todo ello evidencia un poco variación entre las observaciones y ello indica la efectividad de la estandarización. Desde otra perspectiva se observa el tiempo ocioso de la máquina.

Tabla 43

*Cálculo del tiempo ocioso de máquina según actividades final*

Tiempo productivo para roscar, taladrar, refrentar en el torno CNC					
Operarios	TIEMPOS EN MINUTOS				Tiempo Total
	Traslado de material	Montaje	Desmontaje		
Operario1	1.1	2.1	1.3		4.5
Operario 2	1.2	1.8	1.2		4.2
Operario 3	1.3	2.3	1.1		4.7
Operario 4	1	2.2	1		4.2

Elaboración propia



*Figura 35 Tiempo ocioso de la máquina según operarios final*

Elaboración propia

En la tabla y figura anterior se observa el tiempo ocioso de la maquinaria mediante la interacción con 4 operarios en donde se ha encontrado que este valor oscila entre los 4.2 minutos y los 4.7 minutos, lo cual evidencia un poco variación entre las observaciones y ello indica la efectividad de la estandarización.

- **Tiempo estándar final**

Para el cálculo del tiempo estándar final es necesario contar con los suplementos de la actividad de fabricación de husillos, gracias al uso del formato respectivo en la propuesta. A partir de ello se ha conseguido el siguiente porcentaje de suplementos.

Tabla 44

*Cálculo de suplementos final*

<b>Suplementos</b>	<b>Porcentaje</b>
Fatiga del personal	3%
Necesidades Fisiológicas	3%
Jornada de pie	2%
Mala iluminación	1%
Atención requerida	2%
Descansos entre actividades	1%
<b>Total</b>	<b>12%</b>

Elaboración propia

Con el uso del 12% adicional del tiempo se procede a calcular el tiempo estándar a través de la siguiente formula:

Ecuación 6 Formula de tiempo estándar posterior

$$TS = TN(1 + S)$$

Donde:

TS= Tiempo estándar

TN= Tiempo Normal

S = Suplementos

Adaptando dichos datos a la formula mostrada se obtiene que el tiempo estándar final es de 1 hora con 10 minutos y 10 segundos tal como se muestra en el siguiente cálculo:

$$TS = 1:02:39 (1 + 12\%)$$

$$TS = 1:10:10$$

### 3.1.7. Medición de indicadores de productividad después de la mejora

#### Cálculo del tiempo de ciclo final

El cálculo del tiempo de ciclo corresponde al total del tiempo y los factores explicados anteriormente, y al igual que en dichos puntos se tomará como ejemplo el desarrollo de la actividad de roscar, taladrar y refrentar, para ello se presenta la siguiente información.

Tabla 45

*Cálculo del tiempo según actividades final*

Tiempo productivo para roscar, taladrar, refrentar en el torno CNC							
	Tiempo en minutos						Tiempo Total
	TRASL.	MONTAJE	PUESTA EN MARCHA	MECANIZADO	RETIRADO		
Operario1	1.1	2.1	0.25	13	1.3	17.75	
Operario 2	1.2	1.8	0.3	13.3	1.2	17.8	
Operario 3	1.3	2.3	0.2	13	1.1	17.9	
Operario 4	1	2.2	0.22	13.5	1	17.92	

Elaboración propia

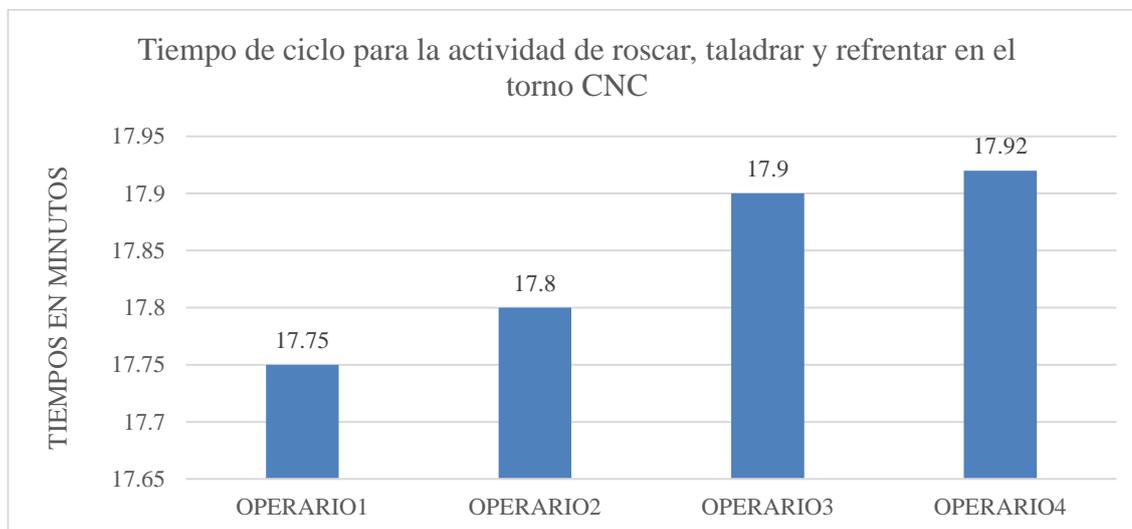


Figura 36 Análisis del tiempo de ciclo final

Elaboración propia

En la tabla y figura anterior se observa que el tiempo de ciclo a lo largo de las 4 operaciones ha tenido un valor máximo de 17.92 minutos y un mínimo de 17.75, es decir, se ha logrado estandarización que permite poca variación en la ejecución de labores entre operarios, dado que ahora se encuentran mucho más capacitados y con procedimientos de trabajo.

\*Tiempo de Ciclo promedio de 3 observaciones realizadas es de 1 Hora, 2 Minutos y 39 Segundos.

P= Tiempo particular

A= Tiempo Acumulado

$\sum T_j$  = Suma de Tiempos de observación

TPSi = Tiempo Promedio de Ciclo

Nota: Las mediciones de tiempo realizadas se leen: Ejm: (1:00:03) 1 Hora, 0 minutos y 3 Segundos y todo ello se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 46

*Cálculo del tiempo de ciclo final*

Elemento		Tiempo de ciclo			$\sum T_j$	TPSi
		Observación 1	Observación 2	Observación 3		
H1	P	0:01:00	0:01:05	0:00:50	0:02:55	0:00:58
	A	0:01:00	0:01:05	0:00:50		
H2	P	0:04:00	0:05:00	0:04:30	0:13:30	0:04:30
	A	0:05:00	0:06:05	0:05:20		
H3	P	0:01:15	0:01:00	0:01:00	0:03:15	0:01:05
	A	0:06:15	0:07:05	0:06:20		
H4	P	0:18:00	0:20:00	0:19:00	0:57:00	0:19:00
	A	0:24:15	0:27:05	0:25:20		
H5	P	0:01:20	0:01:10	0:01:30	0:04:00	0:01:20
	A	0:25:35	0:28:15	0:26:50		
H6	P	0:07:00	0:08:00	0:05:00	0:20:00	0:06:40
	A	0:32:35	0:36:15	0:31:50		
H7	P	0:00:40	0:00:35	0:00:38	0:01:53	0:00:38
	A	0:33:15	0:36:50	0:32:28		
H8	P	0:09:15	0:08:15	0:08:05	0:25:35	0:08:32
	A	0:42:30	0:45:05	0:40:33		
H9	P	0:02:10	0:01:55	0:01:58	0:06:03	0:02:01
	A	0:44:40	0:47:00	0:42:31		
H10	P	0:15:00	0:14:00	0:17:00	0:46:00	0:15:20
	A	0:59:40	1:01:00	0:59:31		
H11	P	0:02:00	0:02:30	0:03:15	0:07:45	0:02:35
	A	1:01:40	1:03:30	1:02:46		
						<b>1:02:39</b>

Elaboración propia

Como se observa en la tabla anterior, el tiempo total se calcula en 1 hora con 2 minutos y 39 segundos, lo cual incluye el paso a paso de las 11 actividades consideradas en el proceso de evaluación. A partir de esta información será posible hallar la eficiencia del operario y de la maquinaria a través de las siguientes tablas.

### Eficiencia del operario final

Tabla 47

*Eficiencia del operario final*

EFICIENCIA DEL OPERARIO					
Elemento		$\Sigma T_j$	TPSi	Tiempo Productivo	Tiempo Ocioso del Operario
<b>H1</b>	P	0:02:55	0:00:58	0:00:58	
	A		0:00:58		
<b>H2</b>	P	0:13:30	0:04:30		0:04:30
	A		0:05:28		
<b>H3</b>	P	0:03:15	0:01:05	0:01:05	
	A		0:06:33		
<b>H4</b>	P	0:57:00	0:19:00		0:19:00
	A		0:25:33		
<b>H5</b>	P	0:04:00	0:01:20	0:01:20	
	A		0:26:53		
<b>H6</b>	P	0:20:00	0:06:40	0:06:40	
	A		0:33:33		
<b>H7</b>	P	0:01:53	0:00:38	0:00:38	
	A		0:34:11		
<b>H8</b>	P	0:25:35	0:08:32	0:08:32	
	A		0:42:43		
<b>H9</b>	P	0:06:03	0:02:01	0:02:01	
	A		0:44:44		
<b>H10</b>	P	0:46:00	0:15:20	0:15:20	
	A		1:00:04		
<b>H11</b>	P	0:07:45	0:02:35	0:02:35	
	A		1:02:39	0:39:09	0:23:30

Tiempo de Ciclo = 1:02:39

Tiempo Productivo de Operario = 0:39:09

Tiempo Ocioso del Operario 0:23:30

% Productivo de Operario = 62.49

% Improductivo del Operario 37.5

Elaboración propia

Con el análisis del tiempo total de la ejecución de labores es posible observar que de la 1 hora con 2 minutos y 39 segundos totales el tiempo productivo del operario alcanza el valor de 39 minutos con 9 segundos que determina una eficiencia en porcentaje de 62.5% y un porcentaje improductivo de 37.5%, cifras mucho mejores que el escenario inicial.

### Eficiencia de la máquina final

Tabla 48

*Eficiencia de la máquina final*

EFICIENCIA DE LA MAQUINA					
Elemento		$\Sigma T_j$	TPSi	Tiempo Productivo de la Maquina	Tiempo Improductivo de la Maquina
<b>H1</b>	P	0:02:55	0:00:58		0:00:58
	A		0:00:58		
<b>H2</b>	P	0:13:30	0:04:30	0:04:30	
	A		0:05:28		
<b>H3</b>	P	0:03:15	0:01:05		0:01:05
	A		0:06:33		
<b>H4</b>	P	0:57:00	0:19:00	0:19:00	
	A		0:25:33		
<b>H5</b>	P	0:04:00	0:01:20		0:01:20
	A		0:26:53		
<b>H6</b>	P	0:20:00	0:06:40	0:06:40	
	A		0:33:33		
<b>H7</b>	P	0:01:53	0:00:38		0:00:38
	A		0:34:11		
<b>H8</b>	P	0:25:35	0:08:32	0:08:32	
	A		0:42:43		
<b>H9</b>	P	0:06:03	0:02:01		0:02:01
	A		0:44:44		
<b>H10</b>	P	0:46:00	0:15:20		0:15:20
	A		1:00:04		
<b>H11</b>	P	0:07:45	0:02:35		0:02:35
	A		1:02:39	0:38:42	0:23:57

Tiempo de Ciclo = 1:02:39

0:38:42

0:23:57

Tiempo Productivo de la Maquina =	
-----------------------------------	--

Tiempo Improductivo de la Maquina	
-----------------------------------	--

% Productivo de la Maquina =	61.77
------------------------------	-------

% Improductivo de la Maquina	38.23
------------------------------	-------

Elaboración propia

De forma similar se determina el nivel de eficiencia de la máquina que alcanza un tiempo productivo de 38 minutos con 42 segundos, lo que representa una eficiencia en porcentaje de 61.77%, lo cual se complementa con el tiempo improductivo de 23 minutos y 57 segundos, es decir, 38.23%, lo cual completaría la 1 hora con 2 minutos y 39 segundos.

### 3.2.Comparación de escenarios previo y posterior

Para observar los cambios por la aplicación de la metodología de la ingeniería de métodos en el proceso de fabricación de husillos se presenta una comparación de escenario sobre los indicadores clave a tomar en cuenta, tales como el tiempo de ciclo, la productividad de máquina y operario, lo cual se desarrolla a continuación.

- Tiempo de ciclo

Tabla 49

*Cambio en el tiempo de ciclo*

	Previo	Posterior	Variación
Tiempo de ciclo	01:27:37	01:02:39	28.5%

Elaboración propia

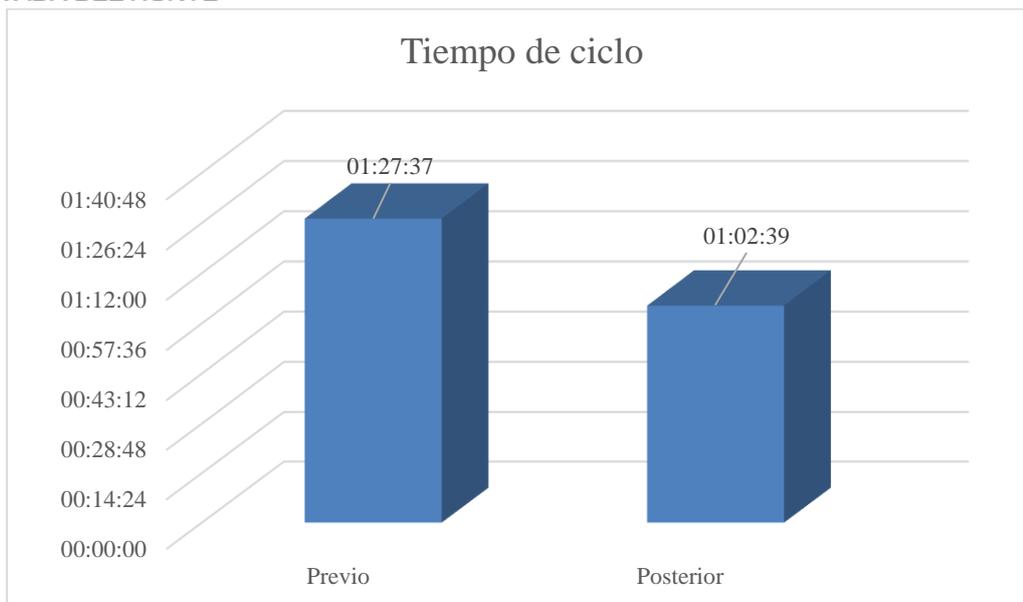


Figura 37 Cambio en el tiempo de ciclo

Elaboración propia

Como se observa en la figura anterior, el tiempo de ciclo, es decir, el total necesario para la producción considerando los suplementos, ha logrado una importante reducción desde la 1 hora con 27 minutos y 37 segundos en el escenario inicial hasta 1 hora con 2 minutos y 39 segundos en el periodo posterior a la mejora, es decir, una variación del 28.5% que equivale a que se ha logrado disminuir el tiempo en 24 minutos y 58 segundos.

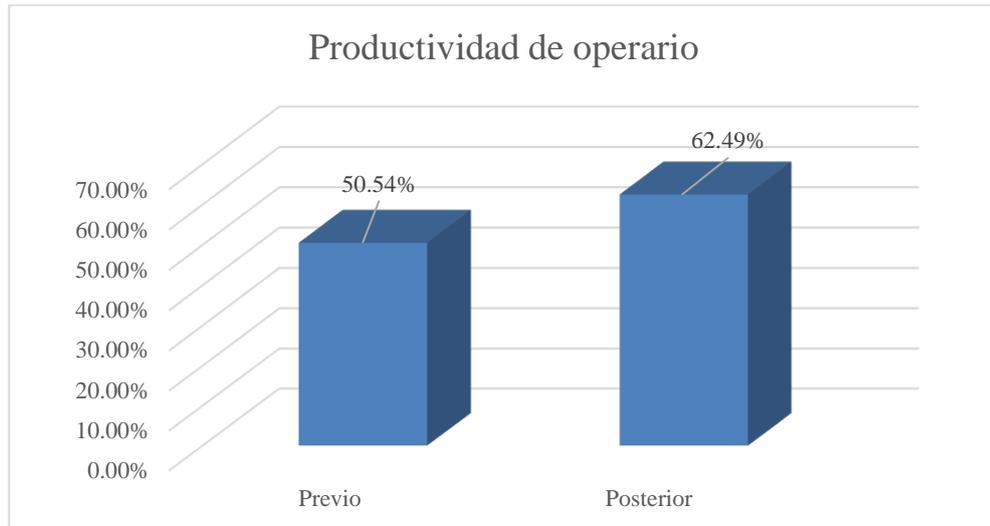
- Productividad de operario

Tabla 50

*Cambio en la productividad de operario*

	Previo	Posterior
Tiempo de ciclo	01:27:37	01:02:39
Tiempo productivo	00:44:17	00:39:09
Tiempo improductivo	00:43:20	00:23:30
% Improductivo	49.50%	37.50%
Productividad de operario	50.54%	62.49%

Elaboración propia



*Figura 38* Cambio en la productividad de operario

Elaboración propia

En la tabla y figura es posible notar, como resultado de la aplicación de la metodología de ingeniería de métodos, que ha sido posible obtener un incremento en la productividad de operario desde el 50.54% en el escenario inicial hasta el 62.49% en el análisis posterior. De forma complementaria también se mejoró a modo de reducción el tiempo improductivo del proceso pasando de 49.5% a 37.5%, lo cual evidencia la efectividad de la propuesta.

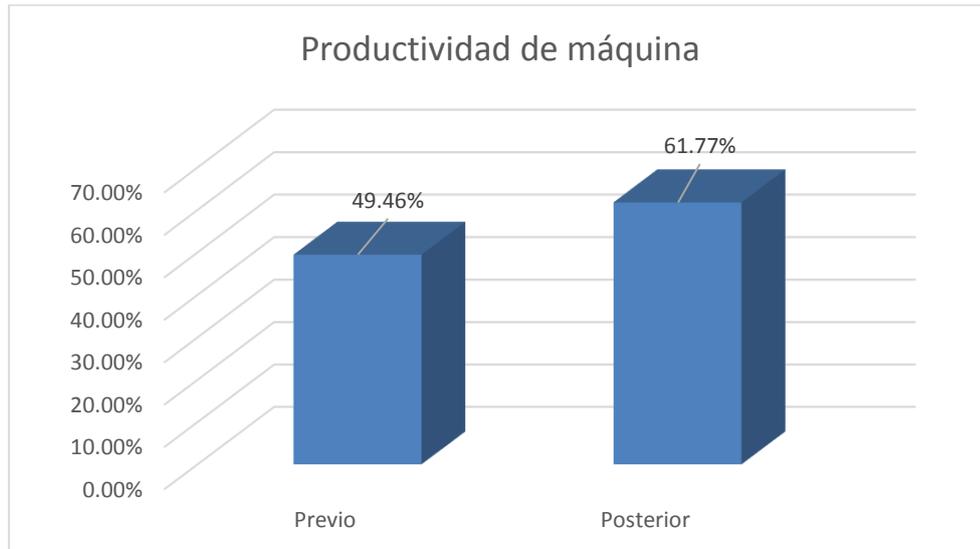
- Productividad de máquina

Tabla 51

*Cambio en la productividad de máquina*

	Previo	Posterior
Tiempo de ciclo	01:27:37	01:02:39
Tiempo productivo	00:43:20	00:38:42
Tiempo improductivo	00:43:20	00:23:57
% Improductivo	50.54%	38.23%
Productividad de operario	49.46%	61.77%

Elaboración propia



*Figura 39* Cambio en la productividad de máquina

Elaboración propia

En la tabla y figura es posible notar, como resultado de la aplicación de la metodología de ingeniería de métodos, que ha sido posible obtener un incremento en la productividad de máquina desde el 49.46 % en el escenario inicial hasta el 61.77 % en el análisis posterior. De forma complementaria también se mejoró a modo de reducción el tiempo improductivo del proceso pasando de 50.54 % a 38.27 %, lo cual evidencia la efectividad de la propuesta.

### 3.3.Evaluación económica financiera

Para determinar el beneficio económico de la propuesta se tomara, en primer lugar, el análisis de los costos para la implementación de la propuesta basada en la ingeniería de métodos en la aproximación del escenario de un año posterior. Posterior a ello, dichos datos se contrastaran con el ahorro por la compra de menos material dado que ahora se conoce a detalle los lineamientos y tiempos de la producción. Con toda esa información se procederá a la evaluación económica de la propuesta. La tabla con los costos se observa a continuación.

*Tabla 52*

Costos de la propuesta (expresado en soles)

Descripción	Cantidad	Costo Unitario	Total
Cronometro	2	290	580
Tableros de madera	10	2.5	25
Hojas bond	2	16.9	33.8

Lapiceros	100	0.5	50
Cintas para el piso	5	75	375
Estantes	5	180	900
Guías para capacitación técnica	17	40	680
<b>Total</b>			<b>S/ 2643.8</b>

Elaboración propia

Como se observa en la tabla anterior, los costos ascienden a la suma de S/ 2,642 soles y gran parte de este gasto se deriva de la compra de cronómetros (S/ 580 soles), estantes para el orden del área (S/ 900 soles), y guías o libros técnicos para impartir la capacitaciones respectiva sobre los procedimientos técnicos a usar hacia los trabajadores (S/ 680 soles). Por otro lado, se muestra el ahorro por parte de la menor compra de barras de cobre, insumo clave en la fabricación de los husillos, mediante este análisis será posible determinar el beneficio de la aplicación de la ingeniería de métodos de forma específica en el proceso de producción.

Tabla 53 Flujo de la propuesta (expresado en soles)

Concepto	0	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12	Promedio	Total
Orden de compra		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12
Compra de barras en escenario previo		130	150	110	130	130	150	115	130	129	129	142	135	131.67	1580
Compra de barras en escenario posterior		125	145	102	125	123	142	105	122	125	125	141	125	125.42	1505
Operaciones Mensuales / Demanda de Barras		120	140	100	120	120	140	100	120	120	120	140	120	121.67	1460
Abastecimiento inicial		92.31%	93.33%	90.91%	92.31%	92.31%	93.33%	86.96%	92.31%	93.02%	93.02%	98.59%	88.89%	92%	
Abastecimiento final		96.0%	96.6%	98.0%	96.0%	97.6%	98.6%	95.2%	98.4%	96.0%	96.0%	99.3%	96.0%	97.0%	
Ahorro en lote de barras		5	5	8	5	7	8	10	8	4	4	1	10	6.25	75
Ahorro en soles		514.5	514.5	823.2	514.5	720.3	823.2	1029	823.2	411.6	411.6	102.9	1029		<b>7715.5</b>
Inversión inicial	<b>-2643.8</b>														

Elaboración propia

Se comenta que de forma global durante un año se ha logrado la reducción del pedido en 75 barras menos, siendo el valor de cada una de S/ 102.90 soles en el precio de mercado. Otro dato importante es el aumento de la exactitud del abastecimiento puesto que se cuenta ahora con los valores más precisos para el pedido del producto. De acuerdo a los flujos obtenidos en el análisis mensual de la propuesta, se ha podido desarrollar el análisis económico y los indicadores clave se muestran en la siguiente tabla.

*Tabla 54*

**Beneficio económico de la propuesta**

<b>Descripción</b>	<b>Cifra</b>
Tasa de costo de oportunidad anual	15.38%
Tasa de costo de oportunidad mensual	1.28%
Ahorro durante 1 año	S/7,717.50
VAN	S/4,415.68
TIR mensual	21.8%
Ratio beneficio/costo	2.92

Elaboración propia

Como parte final del análisis económico se presenta una tabla resumen donde se detallan los beneficios de la propuesta. Es preciso mencionar que se ha trabajado con una tasa anual del costo de oportunidad de 15.38%, en base a datos de empresas similares de las cuales se tiene información; este valor indica entonces una tasa para la comparación de forma mensual de 1.28%. Ahora bien, considerando los flujos se alcanza un ahorro total anual de S/ 7,717 soles y descontando este valor se obtiene un indicador de Valor Actual Neto (VAN) de S/ 4,415 soles que al ser positivo indica rentabilidad si se trasladase todas esas ganancias al escenario actual. Por otro lado, se obtiene una Tasa Interna de Retorno (TIR) de 21.8% y al ser mayor que la tasa de comparación (1.28%) señala que la propuesta es viable. Finalmente, el ratio beneficio costo se determina en 2.92, en tanto que al ser mayor a la unidad indica que la propuesta es rentable, tal como lo señalan los demás indicadores.

### 3.4. Prueba de hipótesis de las dimensiones

En la siguiente tabla se muestran las variaciones antes y después de la propuesta de mejora basada en la ingeniería de métodos.

*Tabla 55*

Resumen del cambio en las dimensiones

<b>Dimensión</b>	<b>Indicador</b>	<b>Antes</b>	<b>Después</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>Variación</b>	<b>Tipo de variación</b>
Estudio de Tiempos	T.S.	01:40:46	01:10:10	minutos	30.37%	reducción
Estudio de métodos de trabajo	% ANV	61.54%	46.15%	porcentaje	25.01%	reducción
Tiempo de ciclo	T.C.	01:27:37	01:02:39	porcentaje	28.50%	reducción
Productividad del operario	P.O.	50.54%	62.49%	porcentaje	19.12%	aumento
Productividad de máquina	P.M.	49.46%	61.77%	porcentaje	19.93%	aumento

Elaboración propia

En la tabla anterior se observan los cambios acontecidos en cada una de las dimensiones evaluadas, tanto para la variable de ingeniería de métodos como para la productividad. En primer lugar, se comenta que la dimensión estudio de tiempos estuvo representada por el tiempo estándar que pasó de 1 hora con 40 minutos y 46 segundos a 1 hora con 10 minutos y 10 segundos, lo que representa un cambio a manera de reducción del 30.37%. En segundo lugar, la dimensión del estudio de métodos de trabajo fue expresada a través del porcentaje de actividades que no agregan valor, el cual disminuyó de 61.54% a 46.15%, es decir, una variación del 25.01%. En el análisis de la variable productividad se comentan sobre 3 dimensiones. En este sentido, la dimensión del tiempo de ciclo en el escenario previo correspondía a 1 hora con 27 minutos y 37 segundos, el cual se redujo a 1 hora con 2 minutos y 39 segundos que representa una variación del 28.5%; por otro lado la dimensión de la productividad del operario aumentó de 50.54% a 62.49%, es decir, un cambio del 19.12% y finalmente, la productividad de maquina también aumentó de 49.46% a 61.77% con una variación del 19.93%.

Planteo de la hipótesis del tiempo estándar

H<sub>0</sub>: La aplicación de la ingeniería de métodos no reducirá el tiempo estándar en la fabricación de husillos de cobre en la empresa TAMEFISA

H<sub>a</sub>: La aplicación de la ingeniería de métodos sí reducirá el tiempo estándar en la fabricación de husillos de cobre en la empresa TAMEFISA

Seleccione el Tipo de Prueba de Hipótesis:

Introduzca la Media de la Hipótesis Nula: (H<sub>0</sub>):

Introduzca la Muestra Promedio,  $\bar{x}$ :

Introduzca la Desviación Estándar:

Introduzca el Tamaño de la Muestra:

Seleccione el Nivel de Significación:

Figura 40 Prueba de hipótesis de la dimensión tiempo estándar

Elaboración propia

Resultado:

Se rechaza la hipótesis nula, es decir, se rechaza que la aplicación de la ingeniería de métodos no reducirá significativamente el tiempo estándar en la fabricación de husillos de cobre. Entonces, se acepta la hipótesis alterna o del investigador donde se señala que la aplicación de la ingeniería de métodos sí incrementa el tiempo estándar en la fabricación de husillos de cobre en la empresa TAMEFISA

Conclusión:

Se puede concluir que la aplicación de la ingeniería de métodos incrementará el tiempo estándar del proceso de fabricación de husillos de cobre en la empresa a un nivel de significancia del 5%, el punto de corte es de 2.92. Cualquier punto z inferior a 2.92 será rechazado, dado que es inferior a 2.92, rechazamos la hipótesis nula.

Planteo de la hipótesis de las actividades que no agregan valor

$H_0$ : La aplicación de la ingeniería de métodos no reducirán las actividades que no agregan valor en la fabricación de husillos de cobre en la empresa TAMEFISA

$H_a$ : La aplicación de la ingeniería de métodos sí reducirán las actividades que no agregan valor en la fabricación de husillos de cobre en la empresa TAMEFISA

Seleccione el Tipo de Prueba de Hipótesis:

Introduzca la Media de la Hipótesis Nula: ( $H_0$ ):

Introduzca la Muestra Promedio,  $\bar{x}$ :

Introduzca la Desviación Estándar:

Introduzca el Tamaño de la Muestra:

Seleccione el Nivel de Significación:

*Figura 41* Prueba de hipótesis de dimensión actividades que no agregan valor  
Elaboración propia

Resultado:

Se rechaza la hipótesis nula, es decir, se rechaza que la aplicación de la ingeniería de métodos no reducirá significativamente las actividades que no agregan valor en la fabricación de husillos de cobre. Entonces, se acepta la hipótesis alterna o del investigador donde se señala que la aplicación de la ingeniería de métodos sí reducirán las actividades que agregan valor en la fabricación de husillos de cobre en la empresa TAMEFISA

Conclusión:

Se puede concluir que la aplicación de la ingeniería de métodos reducirá las actividades que no agregan valor en el proceso de fabricación de husillos de cobre en la empresa a un nivel de significancia del 5%, el punto de corte es de 2.92. Cualquier punto  $z$  inferior a 2.92 será rechazado, dado que es inferior a 2.92, rechazamos la hipótesis nula.

Planteo de la hipótesis del tiempo de ciclo

Ho: La aplicación de la ingeniería de métodos no reducirá el tiempo de ciclo en la fabricación de husillos de cobre en la empresa TAMEFISA

Ha: La aplicación de la ingeniería de métodos sí reducirá el tiempo de ciclo en la fabricación de husillos de cobre en la empresa TAMEFISA

Seleccione el Tipo de Prueba de Hipótesis:

Introduzca la Media de la Hipótesis Nula: ( $H_0$ ):

Introduzca la Muestra Promedio,  $\bar{x}$ :

Introduzca la Desviación Estándar:

Introduzca el Tamaño de la Muestra:

Seleccione el Nivel de Significación:

Figura 42 Prueba de hipótesis de dimensión tiempo de ciclo

Elaboración propia

Resultado:

Se rechaza la hipótesis nula, es decir, se rechaza que la aplicación de la ingeniería de métodos no incrementa significativamente la productividad del operario en la fabricación de husillos de cobre. Entonces, se acepta la hipótesis alterna o del investigador donde se señala que la aplicación de la ingeniería de métodos sí incrementa la productividad del operario en la fabricación de husillos de cobre en la empresa TAMEFISA

Conclusión:

Se puede concluir que la aplicación de la ingeniería de métodos reducirá el tiempo de ciclo en el proceso de fabricación de husillos de cobre en la empresa a un nivel de significancia del 5%, el punto de corte es de 2.92. Cualquier punto z inferior a 2.92 será rechazado, dado que es inferior a 2.92, rechazamos la hipótesis nula.

Planteo de la hipótesis de la productividad del operario

$H_0$ : La aplicación de la ingeniería de métodos no incrementa la productividad del operario en la fabricación de husillos de cobre en la empresa TAMEFISA

$H_a$ : La aplicación de la ingeniería de métodos sí incrementa la productividad del operario en la fabricación de husillos de cobre en la empresa TAMEFISA

**Seleccione el Tipo de Prueba de Hipótesis:**

**Introduzca la Media de la Hipótesis Nula: ( $H_0$ ):**

**Introduzca la Muestra Promedio,  $\bar{x}$ :**

**Introduzca la Desviación Estándar:**

**Introduzca el Tamaño de la Muestra:**

**Seleccione el Nivel de Significación:**

*Figura 43* Prueba de hipótesis de dimensión productividad del operario

Elaboración propia

Resultado:

Se rechaza la hipótesis nula, es decir, se rechaza que la aplicación de la ingeniería de métodos no incrementa significativamente la productividad del operario en la fabricación de husillos de cobre. Entonces, se acepta la hipótesis alterna o del investigador donde se señala que la aplicación de la ingeniería de métodos sí incrementa la productividad del operario en la fabricación de husillos de cobre en la empresa TAMEFISA

Conclusión:

Se puede concluir que la aplicación de la ingeniería de métodos incrementará la productividad del operario en el proceso de producción en la empresa a un nivel de significancia del 5%, el punto de corte es de 2.92. Cualquier punto  $z$  inferior a 2.92 será rechazado, dado que es inferior a 2.92, rechazamos la hipótesis nula.

Planteo de la hipótesis de la productividad de la maquina

$H_0$ : La aplicación de la ingeniería de métodos no incrementa la productividad de la maquina en la fabricación de husillos de cobre en la empresa TAMEFISA

$H_a$ : La aplicación de la ingeniería de métodos sí incrementa la productividad de la maquina en la fabricación de husillos de cobre en la empresa TAMEFISA

Seleccione el Tipo de Prueba de Hipótesis:

Introduzca la Media de la Hipótesis Nula: ( $H_0$ ):

Introduzca la Muestra Promedio,  $\bar{x}$ :

Introduzca la Desviación Estándar:

Introduzca el Tamaño de la Muestra:

Seleccione el Nivel de Significación:

*Figura 44* Prueba de hipótesis de dimensión productividad de máquina

Elaboración propia

Resultado:

Se rechaza la hipótesis nula, es decir, se rechaza que la aplicación de la ingeniería de métodos no incrementa significativamente la productividad de la maquina en la fabricación de husillos de cobre. Entonces, se acepta la hipótesis alterna o del investigador donde se señala que la aplicación de la ingeniería de métodos sí incrementa la productividad de la maquina en la fabricación de husillos de cobre en la empresa TAMEFISA

Conclusión:

Se puede concluir que la aplicación de la ingeniería de métodos incrementará la productividad de la maquina en el proceso de producción en la empresa a un nivel de significancia del 5%, el punto de corte es de 2.92. Cualquier punto z inferior a 2.92 será rechazado, dado que es inferior a 2.92, rechazamos la hipótesis nula.

## CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 4.1. Discusión

En la presente sección se muestra una comparación entre los hallazgos mencionados en los antecedentes de la investigación y los resultados alcanzados en la investigación, todo ello considerando las hipótesis planteadas al inicio. De acuerdo a este lineamiento se expresa lo siguiente:

Se determinó que la situacional inicial del proceso de fabricación de husillos de cobre es deficiente en la empresa Tamefisa, en tanto que se encontraron indicadores iniciales como el tiempo de ciclo de 1 hora con 27 minutos y 37 segundos, la productividad del operario en 50.54% y la productividad de la máquina en 46.49%. En este sentido, es posible afirmar que ante la ausencia de la ingeniería de métodos los indicadores de productividad no guardan un óptimo desempeño, lo cual guarda relación con las afirmaciones de Vázquez (2019), donde el análisis previo a la aplicación de la ingeniería de métodos no era el mejor, al igual que se comenta en Pérez (2018) con un estudio de 25 días antes de la aplicación de la propuesta en base a dicha metodología.

Por otro lado, en la presente investigación es posible afirmar que existen factores críticos que afectan en el proceso de fabricación de husillos de cobre en la empresa Tamefisa que han sido determinados mediante el análisis de Ishikawa y Pareto, tales como la falta de una metodología para la gestión de producción, no se cuenta con procedimientos estandarizados, la ausencia de indicadores de productividad y que no se cuenta con un control del tiempo de fabricación, todos ellos explican el 80% del problema general. En otros estudios también se ha analizado la presencia de factores críticos que afectan la productividad tal como en Orejuela (2016) donde se comenta la falta de seguimiento y la ausencia de data histórica para controlar el proceso de producción; en Mugnal (2017) el principal inconveniente fue el alto recorrido que deben pasar los productos en la fabricación.. Desde otra perspectiva en Aguirre (2019) fue necesario el empleo de diagramas de flujos y cursogramas analíticos para observar las deficiencias del proceso a modo de factores críticos en una empresa metal-mecánica con un procedimiento de fabricación bastante similar.

Respecto a la tercera hipótesis de la investigación, es preciso afirmar que la propuesta de mejora basada en la ingeniería de métodos incrementa la productividad en la fabricación de husillos de cobre en la empresa Tamefisa, en tanto que se obtienen indicadores finales de productividad como el tiempo de ciclo de 1 hora con 2 minutos y 39 segundos, la productividad del operario en 62.49%

y la productividad de la máquina en 61.77%; todas estas cifras superiores al escenario inicial. Alcances similares por la aplicación de la ingeniería de métodos se observa en Pérez (2018) dado que con el estudio de tiempos y métodos se logra incrementar la productividad en un 12.52%. De forma similar en Ganoza (2018) se comenta que los resultados muestran que con la aplicación de la mejora se redujo el tiempo de ciclo de 5.5 a 4 minutos y la producción diaria incrementó. En Collado y Rivera (2018) resultados indica que la aplicación de las herramientas para la mejora lograron el aumento de la productividad desde 97.49% en mayo a 98.2% para el mes de agosto.

Sobre la cuarta hipótesis se afirma que existe un impacto económico de la propuesta de mejora basada en la ingeniería de métodos al incrementar la productividad en la fabricación de husillos de cobre en la empresa a través de los indicadores económicos del Valor Actual Neto de S/ 4,415 soles, una tasa TIR de 21.8% y un ratio de beneficio/costo de 2.92. Un análisis económico sobre el impacto de la ingeniería de métodos observa en Orejuela (2016) se logra una reducción del costo unitario de producción que paso de USD 82.17 dólares en el escenario inicial a USD 61.15 dólares en el escenario final, lo que representa un disminución del 26%.

Finalmente, la hipótesis del investigador se cumple en la presente investigación, al encontrar que fue posible elaborar una propuesta de mejora basada en la ingeniería de métodos para incrementar la productividad en la fabricación de husillos de cobre, dado que se logró una mejora en los indicadores de la productividad tales como el tiempo de ciclo en 28%, la productividad del operario de 19.12% y la productividad de la máquina de 19.93%. Los resultados positivos de la aplicación de la ingeniería de métodos se mencionan en Andrade, Del Rio y Alvear (2019) en tanto que dentro de los resultados se logró una mejora de la productividad 91.74% hasta el 96.78%. Adicionalmente, en por Quintero (2019) la productividad se expresa a manera de reducción del tiempo de uso de la maquinaria de 6.6 horas, un tiempo de ciclo de 7.61 y un tiempo no ocupado de 3.67 minutos; también en Chavarría (2018) el resultado muestra que en base a la ingeniería de métodos se produce una mejora de la productividad en un 11%.

## 4.2. Conclusiones

En la presente sección se presentan las conclusiones a las que ha llegado la investigación luego de haber efectuado el análisis de los resultados correspondientes; todo ello considerando los objetivos planteados al inicio del trabajo. En este sentido, se menciona lo siguiente:

En primer lugar, se concluye que la situacional inicial del proceso de fabricación de husillos de cobre es deficiente en la empresa Tamefisa, en tanto que se encontraron indicadores iniciales como el tiempo de ciclo de 1 hora con 27 minutos y 37 segundos, la productividad del operario en 50.54% y la productividad de la máquina en 46.49%.

En segundo lugar, existen factores críticos que afectan en el proceso de fabricación de husillos de cobre en la empresa Tamefisa que han sido determinados mediante el análisis de Ishikawa y Pareto, tales como la falta de una metodología para la gestión de producción, no se cuenta con procedimientos estandarizados, la ausencia de indicadores de productividad y que no se cuenta con un control del tiempo de fabricación, todos ellos explican el 80% del problema general.

En tercer lugar, se concluye que la propuesta de mejora basada en la ingeniería de métodos incrementa la productividad en la fabricación de husillos de cobre en la empresa Tamefisa, en tanto que se obtienen indicadores finales de productividad como el tiempo de ciclo de 1 hora con 2 minutos y 39 segundos, la productividad del operario en 62.49% y la productividad de la máquina en 61.77%; todas estas cifras superiores al escenario inicial.

En cuarto lugar, se concluye que existe un impacto económico de la propuesta de mejora basada en la ingeniería de métodos al incrementar la productividad en la fabricación de husillos de cobre en la empresa Tamefisa; ello se expresa a través de los indicadores económicos del Valor Actual Neto de S/ 4,415 soles, una tasa TIR de 21.8% y un ratio de beneficio/costo de 2.92.

Finalmente, se concluye que fue posible elaborar una propuesta de mejora basada en la ingeniería de métodos para incrementar la productividad en la fabricación de husillos de cobre en la empresa Tamefisa, dado que se logró una mejora en los indicadores de la productividad tales como el tiempo de ciclo en 28%, la productividad del operario de 19.12% y la productividad de la máquina de 19.93%.

### 4.3. Recomendaciones

Para la parte final de la investigación se detallan algunas sugerencias a modo de recomendaciones para lograr una mejora posterior a lo largo del tiempo en la empresa; estas se comentan a continuación.

Se recomienda complementar el estudio con otras herramientas de ingeniería industrial para continuar con una mejora en la fabricación de husillos, a modo que, con el uso de metodologías esbeltas, se pueda organizar mejor el trabajo.

Se recomienda evaluar de forma periódica el proceso de fabricación de husillos, así como de otros desarrollados en el taller de producción a través de auditorías externas; de dicho modo se podrá lograr una real toma de conciencia sobre el cambio a lograr.

Se recomienda continuar con el sistema de capacitaciones planteadas en tanto que el proceso de fabricación de husillos requiere un alto nivel de tecnificación de la mano de obra en búsqueda de reducir los tiempos del proceso.

Se recomienda evaluar una política de incentivos para mejorar la productividad de la mano de obra e incrementar los niveles de producción en búsqueda de mayores ventas y mejor rentabilidad de la empresa, dado que se ha demostrado la importancia del operario en el proceso.

Finalmente, se recomienda aplicar la metodología de ingeniería de métodos para otros procesos de producción en la empresa, de dicha forma se podrán estandarizar todo el trabajo realizado en el taller.

## REFERENCIAS

- Aguirre, A. (2019). *Aplicación de la Ingeniería de Métodos en el área productiva de una empresa metal mecánica*. Quito, Ecuador: Universidad las Américas.
- Andrade, A., Del Río, C., & Alvear, D. (2019). Estudio de Tiempos y Movimientos para Incrementar la Estudio de Tiempos y Movimientos para Incrementar la. *Información Tecnológica Vol 30 N° 3*, 83-94.
- Baena, G. (2016). *Metodología de la Investigación*. Ciudad de México: Grupo Editorial Patria.
- Brenes, P. (2015). *Técnicas de almacén*. Madrid, España: EDITEX.
- Carro, R., & Gonzáles, D. (2018). *Productividad y competitividad*. Argentina: Facultad de ciencias económicas y sociales.
- Caso, A. (2006). *Técnicas de medición del trabajo*. Madrid, España: Fundación CONFEMETAL.
- Chavarria, A. (2017). *Aplicación de la ingeniería de métodos para incrementar la productividad en el área de cromo duro de la empresa RECOLSA S.A., Callao, 2017*. Lima, Perú: Universidad César Vallejo.
- Collado, M., & Rivera, J. (2018). *Mejora de la productividad mediante la aplicación de herramientas de ingeniería de métodos en un taller mecánico automotriz*. Lima, Perú: Universidad San Ignacio de Loyola.
- Cuatrecasas, L. (2018). *Gestión Integral de la Calidad*. Barcelona: PROFIT.
- Del Pozo, C., & Gúzman, E. (2019). *Estimación de la productividad total factorial a nivel de firmas en el Perú: nueva evidencia a través del método Akerberg, Caves y Frazer*. Cusco: CIES.
- Fan, C., Sun, Y., Zhao, Y., Song, M., & Wan, J. (2019). Deep learning-based feature engineering methods for improved building energy prediction. *Applied Energy Vol 240 N° 15*, 35-45; <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.02.052>.
- Ganoza, R. (2018). *Aplicación de la ingeniería de métodos para incrementar la productividad en el área de empaque de la empresa agroindustrial ESTANISLAO DEL CHIMU*. Trujillo, Perú: Universidad Privada del Norte.
- García, R. (2005). *Estudio del Trabajo, Ingeniería de Metodos y Medicion del Trabajo*. Monterrey, México: Mc Graw Hill.
- Gonzales, O., & Arcienagas, J. (2016). *Sistema de gestión de calidad: Teoría y práctica bajo la norma ISO 2015*. Bogotá, Colombia: ECOE Ediciones.
- Harrison, R., Vera, D., & Ahmad, B. (2016). Engineering Methods and Tools for Cyber–Physical Automation Systems. *Proceeding of the IEEE Vol 104 N° 5*; , 973 - 985; DOI: 10.1109/JPROC.2015.25106655.

- Hernández, R., & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. Mexico: Mc Graw Hill.
- Hernandez, R., Fernandez, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*. México, D.F.: McGraw-Hill.
- Hinojosa, J. (2017). *El arte de hacer una tesis*. Lima, Perú: José Adolfo Hinojosa Pérez.
- Huertas, R., & Domínguez, R. (2015). *Decisiones estratégicas para la dirección de operaciones en empresas de servicios y turísticas*. Barcelona, España: Ediciones de la Universidad de Barcelona.
- Izagirre, I., Villar, L., & Gutiérrez, J. (2016). Estudio de tiempos y movimientos para mejorar la productividad en el proceso lavado de envases de agua de mesa en la empresa Q´SED, Chimbote –2016. *INGnosis Vol 2N° 2*, 355-365.
- Kanawaty, G. (1996). *Introducción al estudio del trabajo 4ta Ed.* Ginebra, Suiza: Oficina Internacional del Trabajo.
- Kiran, D. (2020). *Work Organization and Methods Engineering for Productivity*. Oxford, Reino Unido: BSP Books Pvt. Ltda.
- 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*.
- Montero, L., Canales, E., Luna, R., Mallqui, J., Muro, R., Santillana, P., . . . Gutiérrez, J. (2019). Estudio de tiempos con Crystal Ball y su relación con la productividad en condiciones de laboratorio. Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión. Huacho, 2017. *Revista Científica EPigmalión Vol 1 N° 1*, 75-89.
- Mugmal, J. (2017). *Organización del trabajo a través de ingeniería de métodos y estudio de tiempos para incrementar la productividad en el área de post-cosecha de la empresa florícola 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.
- Olguín, S. (2018). *Plan de mejora operacional en una maestría pequeña de finalidad académica*. Santiago: Universidad técnica Federico Santa María.
- 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 Metalmecánicos Orejuela SEIMCO, durante el año 2015*. Quito, Ecuador: Escuela Politecnica Nacional.

- Palacios, L. (2016). *Ingeniería de métodos: Movimientos y tiempos*. Bogotá, Colombia: ECOE Ediciones.
- Pérez, M. (2018). *Aplicación de la ingeniería de métodos para mejorar la productividad en el proceso de soldadura de la empresa Esmetal S.A.C. Callao, 2018.* Lima, Perú: Universidad César Vallejo.
- 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.
- Quintero, J. (2019). *Estudios de métodos y tiempos para proceso de Batanado en empresa textil*. Antioquia, Colombia: Corporación Universitaria Lasallista.
- Rodríguez, J. (2017). *Propuesta de implementación de un modelo de gestión por procesos en el área de producción para incrementar la rentabilidad de la fábrica de chocolates La Española S.R.L - Trujillo*. Trujillo: Universidad Privada del Norte.
- Rodríguez, N., Lara, L., & Galindo, G. (2017). El aprendizaje cooperativo: Integrando al estudio de casos en la activación de la formación del ingenieros industriales. *Universidad y Sociedad Vol 9 N° 2*, 68 - 75; ISSN: 2218-3620.
- Silvestre, I., & Huamán, C. (2019). *Pasos para elaborar la investigación y redacción de la tesis universitaria*. Lima, Perú: San Marcos .
- SKF. (2006). *Husillos de bolas laminados de precisión*. Bolivia: SKF.
- Takakuwa, S., Yang, W., & Nagatsuka, H. (2018). Learning the procedure on takt production of TPS by methods engineering and simulatrion. *International Journal of Simulation Model Vol 17*, 633-642; ISSN: 1726-4529.
- 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.
- Vázquez, M. (2019). *Aplicación de ingeniería de métodos y su relación con la productividad de la línea de tanques de la empresa HEAP LEACHING CONSULTING SAC periodo 2011-2012*. Lima; Perú: Universidad Nacional Federico Villareal.

## ANEXOS

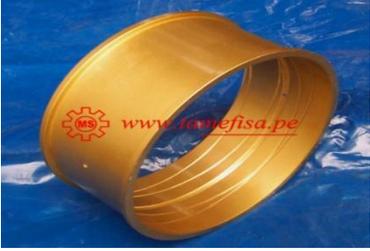
Anexo 1 Matriz de consistencia:.....	151
Anexo 2 Productos de la empresa.....	152
Anexo 3 Registro de capacitación de trabajadores .....	154
Anexo 4 Registros de lineamientos de seguridad y manejo de máquinas .....	155
Anexo 5 Registros inspección de maquinaria.....	158
Anexo 6 Registros formato del tiempo de estudio con observaciones .....	160
Anexo 7 Registros formato de estudio de tiempos con frecuencia de observación .....	161
Anexo 8 Registros formato de diagrama de análisis del proceso .....	163
Anexo 9 Registros formato de diagrama hombre máquina .....	165
Anexo 10 Registros formato de diagrama bimanual.....	169
Anexo 11 Registros formato de diagrama de actividades múltiples.....	170

Anexo 1 Matriz de consistencia:

Problema	Hipótesis	Variables	Dimensión	Indicador
¿De qué manera la propuesta de mejora basada en la ingeniería de métodos incrementará la productividad en la fabricación de husillos de cobre en la empresa Tamefisa?	La propuesta de mejora basada en la ingeniería de métodos incrementará la productividad en la fabricación de husillos de cobre en la empresa Tamefisa.	Propuesta de mejora basada en la ingeniería de métodos	Tiempo estándar	$TS = TN(1 + S)$ TS= Tiempo estándar, TN= Tiempo Normal, S = Suplementos
			Estudio de métodos de trabajo	$\%ANV = \frac{\sum ANV}{\sum AT} \times 100$ %ANV = Porcentaje de actividades que no agregan valor $\sum ANV$ = Sumatoria de actividades que no agregan Valor $\sum AT$ = Sumatoria de actividades totales
¿Cuál es la situacional inicial del proceso de fabricación de husillos de cobre en la empresa Tamefisa?	La situación inicial del proceso de fabricación de husillos de cobre es deficiente en la empresa Tamefisa.	Productividad en la fabricación de husillos de cobre	Tiempo de ciclo	$\textit{Tiempo de ciclo} = \textit{duración del proceso de producción}$
¿Qué factores afectan el proceso de fabricación de husillos de cobre en la empresa Tamefisa?	Existen factores críticos que afectan el proceso de fabricación de husillos de cobre en la empresa Tamefisa.		Productividad del operario	$P.M. = \frac{\textit{Tiempo productivo máquina}}{\textit{Tiempo de ciclo}} \times 10$
¿En qué medida la propuesta de mejora basada en la ingeniería de métodos incrementa la productividad en la fabricación de husillos de cobre en la empresa Tamefisa?	La propuesta de mejora basada en la ingeniería de métodos afecta positivamente en la productividad en la fabricación de husillos de cobre en la empresa Tamefisa.		Productividad del máquina	$P.O. = \frac{\textit{Tiempo productivo operario}}{\textit{Tiempo de ciclo}} \times 100$
¿Cuál es el impacto económico de la propuesta de mejora basada en la ingeniería de métodos al incrementar la productividad en la fabricación de husillos de cobre en la empresa Tamefisa?	Existe un impacto económico positivo de la propuesta de mejora basada en la ingeniería de métodos al incrementar la productividad en la fabricación de husillos de cobre en la empresa Tamefisa, 2020.			

Fuente: Empresa Tamefisa S.A.

Anexo 2 Productos de la empresa

Producto	Referencia
Piñones rectos	
Ejes rodillos, soportes	
Pines, bocinas, bridas	
Ruedas en general	
Pernos y tuercas especiales	
Anclajes	

Ejes y bocinas para bombas	
Ejes de locomotora	
Ruedas para carro minero	
Baldes de flotación	
Estructuras metálicas	
Husillos de cobre	

Fuente: TAMEFISA (2020)

Anexo 3 Registro de capacitación de trabajadores

REGISTRO					Fecha
ASISTENCIA A CAPACITACIÓN					15/07/2019
Nombre de la Empresa: TAMEFISA					
Nombre de Capacitación: Taller a trabajadores operativos				Duración: 15 minutos	
Tema: Procedimiento operacional				Firma:	
Expositor: Mauro –Alfredo					
N°	Nombre	DNI	Empresa	Cargo	Firma
1	Adler Campos	45194955	TAMEFISA	Operario	
2	Hugo Sotelo	6348265	TAMEFISA	Operario	
3	Moisés Isidro	4258351	TAMEFISA	Operario	
4	Luis Villa	06395932	TAMEFISA	Operario	
5	Carlos Nieves	58204221	TAMEFISA	Operario	
6	Juan Tenorio	41562385	TAMEFISA	Operario	
7	Carlos Rodriguez	40879536	TAMEFISA	Operario	
8	Juan Molero	06358213	TAMEFISA	Ayudante	
9	Elvis Mayta	42657852	TAMEFISA	Ayudante	
10	Roger Suarez	40328754	TAMEFISA	Ayudante	
11	Richard Rojas	4087964	TAMEFISA	Operario	
12	Augusto Escalante	40216572	TAMEFISA	Calidad	
13	Felix Prado	40325871	TAMEFISA	Supervisor	
14					
15					

Anexo 4 Registros de lineamientos de seguridad y manejo de máquinas

Muestra del día 2/07/2019

N°	Características	Sí	No	NA	Obs
<b>Lineamientos Generales de Seguridad para Máquinas de</b>					
1	El trabajador sólo utiliza las maquinarias para las que ha sido entrenado.		X		Efectuado 2/07/2019
2	Las máquinas son revisadas verificando que las piezas de protección estén bien ubicadas.		X		Efectuado 2/07/2019
3	Previo a poner en funcionamiento a la máquina se verifica que la mercadería de manufactura esté bien ubicada.		X		Efectuado 2/07/2019
4	Se verifica el correcto funcionamiento de las piezas	X			Efectuado 2/07/2019
5	Uso de elementos para protección personal necesarios y adecuados		X		Efectuado 2/07/2019
6	No llevar ropa suelta, anillos, relojes, cadenas o colgantes por parte del personal al trabajar con maquinaria.	X			Efectuado 2/07/2019
<b>Lineamientos para Manejo Seguro de maquinaria</b>					
9	Se realiza limpieza tanto interna como externa con ayuda de sistema de limpieza o con una bocha.		X		Efectuado 2/07/2019
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	X			Efectuado 2/07/2019
11	Se previene que el área de la maquina se mantenga libre de algún otro trabajador u objeto cuando se encuentra en funcionamiento.		X		Efectuado 2/07/2019
12	Se cuenta con el manual de procedimientos de la maquina cerca del área de trabajo		X		Efectuado 2/07/2019
13	Se realizan las labores con el mayor cuidado posible	X			Efectuado 2/07/2019
14	Se consideran el orden y limpieza en las actividades		X		Efectuado 2/07/2019
	Restricciones: No se observaron restricciones, el personal colaboró con la supervisión				
	_____ MAURO- ALFREDO _____ <b>Operador Responsable</b>				

Muestra del día 17/07/2019

N°	Características	Sí	No	NA	Obs
<b>Lineamientos Generales de Seguridad para Máquinas de</b>					
1	El trabajador sólo utiliza las maquinarias para las que ha sido entrenado.		X		Efectuado 17/07/2019
2	Las máquinas son revisadas verificando que las piezas de protección estén bien ubicadas.	X			Efectuado 17/07/2019
3	Previo a poner en funcionamiento a la máquina se verifica que la mercadería de manufactura esté bien ubicada.	X			Efectuado 17/07/2019
4	Se verifica el correcto funcionamiento de las piezas	X			Efectuado 17/07/2019
5	Uso de elementos para protección personal necesarios y adecuados	X			Efectuado 17/07/2019
6	No llevar ropa suelta, anillos, relojes, cadenas o colgantes por parte del personal al trabajar con maquinaria.	X			Efectuado 17/07/2019
<b>Lineamientos para Manejo Seguro de maquinaria</b>					
9	Se realiza limpieza tanto interna como externa con ayuda de sistema de limpieza o con una bocha.	X			Efectuado 17/07/2019
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	X			Efectuado 17/07/2019
11	Se previene que el área de la maquina se mantenga libre de algún otro trabajador u objeto cuando se encuentra en funcionamiento.		X		Efectuado 17/07/2019
12	Se cuenta con el manual de procedimientos de la maquina cerca del área de trabajo	X			Efectuado 17/07/2019
13	Se realizan las labores con el mayor cuidado posible	X			Efectuado 17/07/2019
14	Se consideran el orden y limpieza en las actividades		X		Efectuado 17/07/2019
	Restricciones: No se observaron restricciones, pero se requirió de un tiempo mayor en la evaluación por la alta carga laboral presentada en el día _____ _____.				
	_____ MAURO- ALFREDO _____ <b>Operador Responsable</b>				

Muestra del día 05/08/2019

N°	Características	Sí	No	NA	Obs
<b>Lineamientos Generales de Seguridad para Máquinas de</b>					
1	El trabajador sólo utiliza las maquinarias para las que ha sido entrenado.	X			Efectuado 05/08/2019
2	Las máquinas son revisadas verificando que las piezas de protección estén bien ubicadas.	X			Efectuado 05/08/2019
3	Previo a poner en funcionamiento a la máquina se verifica que la mercadería de manufactura esté bien ubicada.	X			Efectuado 05/08/2019
4	Se verifica el correcto funcionamiento de las piezas	X			Efectuado 05/08/2019
5	Uso de elementos para protección personal necesarios y adecuados	X			Efectuado 05/08/2019
6	No llevar ropa suelta, anillos, relojes, cadenas o colgantes por parte del personal al trabajar con maquinaria.	X			Efectuado 05/08/2019
<b>Lineamientos para Manejo Seguro de maquinaria</b>					
9	Se realiza limpieza tanto interna como externa con ayuda de sistema de limpieza o con una bocha.	X			Efectuado 05/08/2019
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	X			Efectuado 05/08/2019
11	Se previene que el área de la maquina se mantenga libre de algún otro trabajador u objeto cuando se encuentra en funcionamiento.	X			Efectuado 05/08/2019
12	Se cuenta con el manual de procedimientos de la maquina cerca del área de trabajo	X			Efectuado 05/08/2019
13	Se realizan las labores con el mayor cuidado posible	X			Efectuado 05/08/2019
14	Se consideran el orden y limpieza en las actividades	X			Efectuado 05/08/2019
	Restricciones: No se observaron restricciones, el personal colaboró de forma activa en la supervisión comentando las mejoras que han observado _____.				
	_____ MAURO- ALFREDO _____ <b>Operador Responsable</b>				

### Anexo 5 Registros inspección de maquinaria

#### Muestra del día 3/07/2019

Puntos de Inspección	Sí	No	NA	Observaciones
El cable de conexión de electricidad está en buenas condiciones.		X		Efectuado el 3/07/2019
Se encuentra en buen estado la carcasa protectora de corte.		X		Efectuado el 3/07/2019
El botón de encendido funciona correctamente.	X			Efectuado el 3/07/2019
Cuenta con guía visual para realizar el trabajo.		X		Efectuado el 3/07/2019
La placa de la base está en buenas condiciones.	X			Efectuado el 3/07/2019
El cableado de conexión se encuentra en buen estado.		X		Efectuado el 3/07/2019
Estado de limpieza del equipo (libre de polvo, aceite y grasa).		X		Efectuado el 3/07/2019
Estado de engranaje de equipo y/o Maquinaria.	X			Efectuado el 3/07/2019
<p>Restricciones de Uso: Se recomienda dar un mantenimiento exterior a la maquinaria para mejorar sus condiciones de operación. Operario no recuerda bien algunos lineamientos básicos</p> <p>_____ MAURO - ALFREDO _____ Operario Responsable</p>				

#### Muestra del día 19/07/2019

Puntos de Inspección	Sí	No	NA	Observaciones
El cable de conexión de electricidad está en buenas condiciones.	X			Efectuado el 19/07/2019
Se encuentra en buen estado la carcasa protectora de corte.		X		Efectuado el 19/07/2019
El botón de encendido funciona correctamente.	X			Efectuado el 19/07/2019
Cuenta con guía visual para realizar el trabajo.		X		Efectuado el 19/07/2019
La placa de la base está en buenas condiciones.	X			Efectuado el 19/07/2019
El cableado de conexión se encuentra en buen estado.	X			Efectuado el 19/07/2019
Estado de limpieza del equipo (libre de polvo, aceite y grasa).		X		Efectuado el 19/07/2019
Estado de engranaje de equipo y/o Maquinaria.	X			Efectuado el 19/07/2019
<p>Restricciones de Uso: Se recomienda continuar con el mantenimiento exterior a la maquinaria para mejorar sus condiciones de operación. Operario recuerda bien algunos lineamientos básicos</p> <p>_____ MAURO - ALFREDO _____ Operario Responsable</p>				



Anexo 6 Registros formato del tiempo de estudio con observaciones

Estudio en escenario inicial

Estudio de tiempos																
Área: PRODUCCIÓN							Hoja Observación 2 (escenario previo)									
Operación: ROSCAR, TALADRAR, REFRENTAR EN EL TORNO CNC							Inicio: 12/07/2019									
							Final : 12/07/2019									
							Tiempo transcurrido:									
Producto: HUSILLOS DE COBRE							Operario: XYZ									
							Ficha numero: 349114									
							Observado por: MAURO - ALFREDO									
							Fecha: 12/07/2019									
N°	Descripción de actividad	Observaciones										Total T.O.	Prom. T.O.	V	TB	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10					
	Traslado	x	x	x	x								6.59	1.55	1	
	Montaje	x	x	x	x								9.4	2.35	1	
	Puesta en marcha	x	x	x	x								2.32	0.4775	1	
	Mecanizado	x	x	x	x								70.5	17.525	1	
	Retirado												5.4	1.35		
	TOTAL	x	x	x	x								95.4	23:55	1	23:55
Nota: V= Valoración TO= Tiempo Observado TB= Tiempo básico																

Estudio en escenario final

Estudio de tiempos																
Área: PRODUCCIÓN							Hoja Observación 1 (escenario posterior)									
Operación: ROSCAR, TALADRAR, REFRENTAR EN EL TORNO CNC							Inicio: 15/09/2019									
							Final : 15/09/2019									
							Tiempo transcurrido:									
Producto: HUSILLOS DE COBRE							Operario: XYZ									
							Ficha numero: 359114									
							Observado por: MAURO - ALFREDO									
							Fecha: 15/09/2019									
N°	Descripción de actividad	Observaciones										Total T.O.	Prom. T.O.	V	TB	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10					
	Traslado	x	x	x	x								4.6	1.15	1	
	Montaje	x	x	x	x								8.4	2.1	1	
	Puesta en marcha	x	x	x	x								1.4	0.2425	1	
	Mecanizado	x	x	x	x								52.6	13.2	1	
	Retirado												4.6	1.15	1	
	TOTAL	x	x	x	x								72.00	18.00		18.00
Nota: V= Valoración TO= Tiempo Observado TB= Tiempo básico																

Anexo 7 Registros formato de estudio de tiempos con frecuencia de observación

Escenario inicial

Estudio de tiempos				
Área: PRODUCCIÓN			Hoja: Cálculo escenario inicial	
Operación: ELABORACIÓN DE HUSILLOS DE COBRE			Termino 15/07/2019	
			Final 15/07/2019	
			Tiempo transcurrido	
			Operario: XYZ	
Producto: HUSILLOS DE COBRE			Ficha numero: 358291	
			Observado por: MAURO - ALFREDO	
			Termino 15/07/2019	
N°	Final 17/09/2019	T.B.	F.	OBS
1	transportar material a sierra mecánica	0:58	1	3 observaciones
2	cortar barra de cobre a 1000 mm de longitud	07:55	1	3 observaciones
3	Transportar barra de cobre a torno cnc.	01:05	1	3 observaciones
4	taladrar, roscar y refrentar a 235mm de longitud	23:45	1	3 observaciones
5	Transportar barras de cobre a la fresadora.	02:20	1	3 observaciones
6	fresar canal a la barra se cobre	11:40	1	3 observaciones
7	Trasladar al torno convencional.	01:52	1	3 observaciones
8	lijar y dar acabado el husillo	10:32	1	3 observaciones
9	trasladar al área de control de calidad	03:00	1	3 observaciones
10	Inspección y embalaje del producto	19:55	1	3 observaciones
11	Almacenamiento de Producto terminado.	04:35	1	3 observaciones
	TOTAL	1:2737		3 observaciones
Nota: TB= Tiempo básico F= Frecuencia de aparición por cada ciclo OBS= N° de observaciones				

Escenario final

Estudio de tiempos				
Área: PRODUCCIÓN			Hoja: Cálculo escenario inicial	
Operación: ELABORACIÓN DE HUSILLOS DE COBRE			Termino 17/09/2019	
			Final 17/09/2019	
			Tiempo transcurrido	
			Operario: XYZ	
Producto: HUSILLOS DE COBRE			Ficha numero: 358291	
			Observado por: MAURO - ALFREDO	
			Termino 17/09/2019	
N°	Final 17/09/2019	T.B.	F.	OBS
1	transportar material a sierra mecánica	0:58	1	3 observaciones
2	cortar barra de cobre a 1000 mm de longitud	04:30	1	3 observaciones
3	Transportar barra de cobre a torno cnc.	01:05	1	3 observaciones
4	taladrar, roscar y refrentar a 235mm de longitud	19:00	1	3 observaciones
5	Transportar barras de cobre a la fresadora.	01:20	1	3 observaciones
6	fresar canal a la barra se cobre	06:40	1	3 observaciones
7	Trasladar al torno convencional.	00:38	1	3 observaciones
8	lijar y dar acabado el husillo	08:38	1	3 observaciones
9	trasladar al área de control de calidad	02:01	1	3 observaciones
10	Inspección y embalaje del producto	15:20	1	3 observaciones
11	Almacenamiento de Producto terminado.	02:35	1	3 observaciones
	TOTAL	1:02:39		3 observaciones
Nota: TB= Tiempo básico F= Frecuencia de aparición por cada ciclo OBS= N° de observaciones				

Anexo 8 Registros formato de diagrama de análisis del proceso

Escenario inicial

Proceso:		Resumen					
			Actual	Propuesta	Mejora		
		Operac.	4				
		Transpor	6				
		Demora	-				
		Inspecc.	1				
Almacen	2						
#	Descripción de Actividad	Símbolo				Observaciones	
1	Traslado de materia prima	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3 observaciones
2	Almacenamiento de materia prima	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3 observaciones
3	Traslado de barras	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3 observaciones
4	Uso de sierra mecanica	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3 observaciones
5	Traslado barras a torno CNC	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3 observaciones
6	Taladrar rocas y refrendar a 235mm	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3 observaciones
7	Traslado de barras a fresadora	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3 observaciones
8	Uso de fresadora	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3 observaciones
9	Traslado a torno a convencional	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3 observaciones
10	Uso de torno convencional, lijado y acabado	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3 observaciones
11	Traslado hacia almacén	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3 observaciones
12	Inspección y embalado	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3 observaciones
13	Almacenamiento terminado	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3 observaciones

Escenario final

Proceso:		Resumen			
			Actual	Propuesta	Mejora
		Operac.	4	5	1
		Transpor	6	5	-1
		Demora	-		
		Inspecc.	1	2	1
Almacen	2	2	-1		

#	Descripción de Actividad	Símbolo					Observaciones
1	Traslado de materia prima	○	⇨	D	□	▽	3 observaciones
2	Revisión y almacenamiento de materia prima	○	⇨	D	□	▽	3 observaciones
3	Traslado de barras	○	⇨	D	□	▽	3 observaciones
4	Uso de sierra mecanica	○	⇨	D	□	▽	3 observaciones
5	Traslado barras a torno CNC	○	⇨	D	□	▽	3 observaciones
6	Taladrar rocas y refrendar a 235mm	○	⇨	D	□	▽	3 observaciones
7	Revisión y Traslado de barras a fresadora	○	⇨	D	□	▽	3 observaciones
8	Uso de fresadora	○	⇨	D	□	▽	3 observaciones
9	Traslado a torno a convencional	○	⇨	D	□	▽	3 observaciones
10	Uso de torno convencional, lijado y acabado	○	⇨	D	□	▽	3 observaciones
11	Traslado hacia almacén	○	⇨	D	□	▽	3 observaciones
12	Inspección y embalado	○	⇨	D	□	▽	3 observaciones
13	Almacenamiento terminado	○	⇨	D	□	▽	3 observaciones

Anexo 9 Registros formato de diagrama hombre máquina

Escenario inicial

DIAGRAMA HOMBRE - MAQUINA				
Proceso: ROSCAR , TALADRAR, REFRENTAR EN EL TORNO CNC				
Fecha: 09/08/2019	Elaborado por: MAURO-ALFREDO	Maquina 1: TE-0025	Maquina 3: NO APLICA	
El estudio Inicia: Montaje maq. 1	Operario: XYAZADAF	Maquina 2: TE-0028	Maquina 4: NO APLICA	

Operario			Maquina 1		Maquina 2		Maquina 3		Maquina 4	
Tiempo	Carga	Actividad	Carga	Actividad	Carga	Actividad	Carga	Actividad	Carga	Actividad
1	Carga	Preparación Maquina 1	Carga	ROSCAR	Carga	ROSCAR				
2										
3										
4	Carga	Preparación Maquina 2	Carga	TALADRAR	Carga	TALADRAR				
5										
6										
7	Carga	Inactividad	Carga	REFRENTAR	Carga	REFRENTAR				
8										
9										
10										
11										
12										

13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
21									
22									

**Resumen y Análisis de la información**

Tipo	Roscar	Taladro	Refrentado	Operario	Tiempo de ciclo en segundos	% de Utilización
revoluciones	477	318	531	OP. 1	21.3	49.46%
revoluciones necesarias por pasada	477	318	531	OP. 2	22.2	
avances	4	2	0.2	OP. 3	22.00	
numero de pasadas necesarias	6	6	1	OP.4	21.00	
profundidad total	3	30	1			
recorrido	80	85	30			
profundidad de corte primera pasada	0.5	5	1			

Escenario final

DIAGRAMA HOMBRE - MAQUINA				
Proceso: ROSCAR , TALADRAR, REFRENTAR EN EL TORNO CNC				
Fecha: 09/08/2019	Elaborado por: MAURO-ALFREDO	Maquina 1: TE-0025	Maquina 3: NO APLICA	Maquina 4: NO APLICA
El estudio Inicia: Montaje maq. 1	Operario: XYAZADAF	Maquina 2: TE-0028		

Operario		Maquina 1		Maquina 2		Maquina 3		Maquina 4		
Tiempo en segundos	Carga	Actividad	Carga	Actividad	Carga	Actividad	Carga	Actividad	Carga	Actividad
1	Carga	Preparación Maquina 1	Carga	ROSCAR	Carga	ROSCAR				
2				TALADRAR		TALADRAR				
3										
4	Carga	Preparación Maquina 2	Carga	REFRENTAR	Carga	REFRENTAR				
5										
6										
7	Carga	Inactividad	Carga	REFRENTAR	Carga	REFRENTAR				
8										
9										
10										
11										
12										
13										

14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									

**Resumen y Análisis de la información**

Tipo	Roscar	Taladro	Refrentado	Operario	Tiempo de ciclo en segundos	% de Utilización
revoluciones	477	318	531	OP. 1	16.2	61.77%
revoluciones necesarias por pasada	477	318	531	OP. 2	16.3	
avances	4	2	0.2	OP. 3	16.6	
numero de pasadas necesarias	6	6	1	OP.4	16.7	
profundidad total	3	30	1			
recorrido	80	85	30			
profundidad de corte primera pasada	0.5	5	1			

Anexo 10 Registros formato de diagrama bimanual

Escenario inicial

Diagrama BIMANUAL							
						Fecha: 12/08/2019 _____	
						Hoja Nro. _____ de _____	
<b>Actividad:</b> ROSCAR , TALADRAR, REFRENTAR EN EL TORNO CNC		RESUMEN					
		Actividad	Inicial		Propuesta		Economía
	IZQ		DER	IZQ	DER	IZQ	DER
<b>Area: PRODUCCIÓN</b>		OPERACIÓN	○				
<b>Operario:</b>		MOVIMIENTO	⇨				
<b>Método:</b> <input type="checkbox"/> Inicial		SOSTENIMIENTO	▽				
		ESPERA/DEMORA	D				
<b>Elaborado: MAURO - ALFREDO</b>		<b>TOTAL</b>		5			
Mano Izquierda			Mano Derecha				
Descripción de la Actividad	Símbolo		Símbolo	Descripción de la Actividad			
No presenta movimiento diferenciado	○	⇨	○	⇨	▽	D	Traslado
No presenta movimiento diferenciado	○	⇨	○	⇨	▽	D	Montaje
No presenta movimiento diferenciado	○	⇨	○	⇨	▽	D	Puesta en marcha
No presenta movimiento diferenciado	○	⇨	○	⇨	▽	D	Mecanizado
No presenta movimiento diferenciado	○	⇨	○	⇨	▽	D	Retirado
	○	⇨	○	⇨	▽	D	
	○	⇨	○	⇨	▽	D	
	○	⇨	○	⇨	▽	D	
	○	⇨	○	⇨	▽	D	
	○	⇨	○	⇨	▽	D	
	○	⇨	○	⇨	▽	D	
	○	⇨	○	⇨	▽	D	
	○	⇨	○	⇨	▽	D	

Escenario final

Diagrama BIMANUAL								
						Fecha: 15/09/2019 _____		
						Hoja Nro. _____ de _____		
Actividad: ROSCAR , TALADRAR, REFRENTAR EN EL TORNO CNC		RESUMEN						
		Actividad	Inicial		Propuest		Economía	
	IZQ		DER	IZQ	DER	IZQ	DER	
Area: PRODUCCIÓN	OPERACIÓN	○	0	3	2	2	-2	1
Operario:	MOVIMIENTO	⇨	0	1	1	1	-1	0
Método: <input type="checkbox"/> Propuesta	SOSTENIMIENTO	▽	0	0	0	0	0	0
	ESPERA/DEMORA	D	0	1	2	2	-2	-1
Elaborado: MAURO - ALFREDO	TOTAL		0	5	5	5	-5	0
Mano Izquierda				Mano Derecha				
Descripción de la Actividad	Símbolo		Símbolo		Descripción de la Actividad			
Traslado	○	⇨	○	⇨	○	⇨	○	⇨
Montaje	○	⇨	○	⇨	○	⇨	○	⇨
Puesta en marcha	○	⇨	○	⇨	○	⇨	○	⇨
Mecanizado	○	⇨	○	⇨	○	⇨	○	⇨
Retirado	○	⇨	○	⇨	○	⇨	○	⇨
	○	⇨	○	⇨	○	⇨	○	⇨
	○	⇨	○	⇨	○	⇨	○	⇨
	○	⇨	○	⇨	○	⇨	○	⇨
	○	⇨	○	⇨	○	⇨	○	⇨
	○	⇨	○	⇨	○	⇨	○	⇨
	○	⇨	○	⇨	○	⇨	○	⇨
	○	⇨	○	⇨	○	⇨	○	⇨
	○	⇨	○	⇨	○	⇨	○	⇨

### Escenario inicial

		Hombre	Maquina
H1	00:00:58	Transportar	00:00:58
H2	0:08:53		Cortar
H3	0:09:58	Transportar	00:01:05
H4	0:33:43		Taladrar, Roscar, Refrendar
H5	0:36:03	Transportar Barras	00:02:20
H6	0:47:43	Fresar Canal de Cobre	Fresar Canal de Cobre
H7	0:49:35	Traslado	00:01:52
H8	1:00:07	Lijar Husillo	Lijar Husillo
H9	1:03:07	Traslado	00:03:00
H10	1:23:02	Inspeccion	00:19:55
H11	1:27:37	Almacenamiento	00:04:35

### Escenario final

		Hombre	Maquina
H1	00:00:58	Transportar	00:00:58
H2	0:05:28		Cortar
H3	0:06:33	Transportar	00:01:05
H4	0:25:33		Taladrar, Roscar, Refrendar
H5	0:26:53	Transportar Barras	00:01:20
H6	0:33:33	Fresar Canal de Cobre	Fresar Canal de Cobre
H7	0:34:11	Traslado	00:00:38
H8	0:42:43	Lijar Husillo	Lijar Husillo
H9	0:44:44	Traslado	00:02:01
H10	1:00:04	Inspeccion	00:15:20
H11	1:02:39	Almacenamiento	00:02:35

### Anexo 12 Registros formato de estudio de tiempos generalizado

#### Escenario inicial

Estudio de tiempos				
Área: PRODUCCIÓN			Hoja: 2134	
Operación: MAURO – ALFREDO			Inicio: 12/08/2019	
			Final: 12/08/2019	
			Tiempo transcurrido: 1:40:46	
			Operario: MAURO – ALFREDO	
Producto: HUSILLOS DE COBRE			Ficha numero	
			Observado por MAURO – ALFREDO	
			Fecha: 12/08/2019	
Descripción de actividad	V.	C.	Suplementos	T.S.
transportar material a sierra mecánica	100%	00:00:58	00:00:09	00:01:07
cortar barra de cobre a 1000 mm de longitud	100%	00:07:55	00:01:11	00:09:06
transportar barra de cobre a torno cnc.	100%	00:01:05	00:00:10	00:01:15
taladrar, roscar y refrentar a 235mm de longitud	100%	00:23:45	00:03:34	00:27:19
transportar barras de cobre a la fresadora.	100%	00:02:20	00:00:21	00:02:41
fresar canal a la barra se cobre	100%	00:11:40	00:01:45	00:13:25
trasladar al torno convencional.	100%	00:01:52	00:00:17	00:02:09
lijar y dar acabado el husillo	100%	00:10:32	00:01:35	00:12:07
trasladar al área de control de calidad	100%	00:03:00	00:00:27	00:03:27
inspección y Embalado del husillo de cobre	100%	00:19:55	00:02:59	00:22:54
Almacenamiento de Producto terminado.	100%	00:04:35	00:00:41	00:05:16
<b>TOTAL</b>		<b>1:27:37</b>	<b>0:13:09</b>	<b>1:40:46</b>
Nota: V= Valoración C= Cronometraje TS = Tiempo estandar				

Escenario final

**Estudio de tiempos**

Área: PRODUCCIÓN		Hoja: 2134542		
Operación: MAURO – ALFREDO		Inicio: 15/09/2019		
		Final: 15/09/2019		
		Tiempo transcurrido: 1:40:46		
		Operario: MAURO – ALFREDO		
Producto: HUSILLOS DE COBRE		Ficha numero		
		Observado por MAURO – ALFREDO		
		Fecha: 12/08/2019		
Descripción de actividad	V.	C.	Suplementos	T.S.
transportar material a sierra mecánica	100%	00:00:58	00:00:07	00:01:05
cortar barra de cobre a 1000 mm de longitud	100%	00:04:30	00:00:32	00:05:02
transportar barra de cobre a torno cnc.	100%	00:01:05	00:00:08	00:01:13
taladrar, roscar y refrentar a 235mm de longitud	100%	00:19:00	00:02:17	00:21:17
transportar barras de cobre a la fresadora.	100%	00:01:20	00:00:10	00:01:30
fresar canal a la barra se cobre	100%	00:06:40	00:00:48	00:07:28
Trasladar al torno convencional.	100%	00:00:38	00:00:05	00:00:42
lijar y dar acabado el husillo	100%	00:08:32	00:01:01	00:09:33
trasladar al área de control de calidad	100%	00:02:01	00:00:15	00:02:16
inspección y Embalado del husillo de cobre	100%	00:15:20	00:01:50	00:17:10
Almacenamiento de Producto terminado.	100%	00:02:35	00:00:19	00:02:54
TOTAL		1:02:39	0:07:31	1:10:10
Nota: V= Valoración C= Cronometraje TS = Tiempo estandar				

Anexo 13 Registros formato de estudio de tiempos en máquina

Escenario inicial

Estudio de tiempo en máquina									
Tipo de equipo: Máquina de producción				Preparado por:		Mauro - Alfredo			
Producto: Husillo de cobre				Fecha:		10/07/2019			
Operación: ROSCAR , TALADRAR, REFRENTAR EN EL TORNO CNC									
Sec. Num.	Descripción del movimiento	Máquina		Mano izquierda		Mano derecha		Carga	
		Simb	tmu	Simb	tmu	Simb	tmu		
1	Traslado	D	00:00:00	No aplica	0	→	00:01:59	00:01:59	
2	Montaje	D	00:00:00	No aplica	0	○	00:02:50	00:02:50	
3	Puesta en marcha	○	00:00:43	No aplica	0	D	00:00:43	00:00:43	
4	Mecanizado	○	00:17:45	No aplica	0	○	00:17:45	00:17:45	
5	Retirado	D	00:00:00	No aplica	0	○	00:01:20	00:01:20	
Observaciones	Total tmu		Maq	0:18:28	M.I	0	M.D.	0:24:37	
					Minutos básicos		0:24:37		
					Total minutos básicos		0:43:05		
					Suplementos (%)		15%		
					Minutos tipo		0:49:33		

Escenario final

Estudio de tiempo en máquina								
Tipo de equipo: Máquina de producción				Preparado por:		Mauro - Alfredo		
Producto: Husillo de cobre				Fecha:		12/09/2019		
Operación: ROSCAR , TALADRAR, REFRENTAR EN EL TORNO CNC								
Sec. Num.	Descripción del movimiento	Máquina		Mano izquierda		Mano derecha		Carga
		Simb	tmu	Simb	tmu	Simb	tmu	
1	Traslado	D	00:00:00	→	00:01:20	→	00:01:20	00:01:20
2	Montaje	D	00:00:00	→	00:02:15	→	00:02:15	00:02:15
3	Puesta en marcha	O	00:00:30	→	00:00:30	O	00:00:30	00:00:30
4	Mecanizado	O	00:13:35	→	00:13:35	O	00:13:35	00:13:35
5	Retirado	D	00:00:00	○	00:01:10	D	00:01:10	00:01:10
Observaciones		Maq	0:14:05	M.I	00:18:50	M.D.	0:18:50	
		Minutos básicos				0:18:50		
		Total minutos básicos				0:32:55		
		Suplementos (%)				12%		
	Minutos tipo				0:36:52			

Anexo 14 Registros formato de suplementos

Escenario inicial (Tensión alta =1 punto; tensión media= 1 punto; tensión baja = 0.5 puntos)

Producto		Suplementos																								Total de puntos	Total suplemento (%)
Operación		Tensión física								Tensión mental								Condiciones de trabajo									
El. Núm.	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		
h1	transportar material a sierra mecánica	M	1	M	1	M	1	M	1	M	1	M	1	M	1	M	1	M	1	M	1	M	1	M	1	12	1.20%
H2	cortar barra de cobre a 1000 mm de longitud	A	2	M	1	A	2	A	2	A	2	M	1	M	1	M	1	A	2	M	1	A	2	M	1	18	1.80%
h3	Transportar barra de cobre a torno cnc.	M	1	M	1	M	1	M	1	M	1	M	1	M	1	M	1	M	1	M	1	M	1	M	1	12	1.20%
h4	taladrar, roscar y refrentar a 235mm de longitud	M	1	A	2	M	1	A	2	M	1	A	2	M	1	A	2	A	2	A	2	A	2	A	2	20	2.00%
h5	transportar barras de cobre a la fresadora.	M	1	M	1	M	1	M	1	M	1	M	1	M	1	M	1	M	1	M	1	M	1	M	1	12	1.20%
h6	fresar canal a la barra se cobre	A	2	A	2	A	2	A	2	A	2	A	2	A	2	M	1	A	2	M	1	A	2	M	1	21	2.10%
h7	trasladar al torno convencional.	B	0.5	M	1	B	0.5	M	1	M	1	M	1	M	1	M	1	B	0.5	M	1	B	0.5	M	1	10	1.00%
h8	lijar y dar acabado el husillo	A	2	A	2	A	2	A	2	A	2	A	2	A	2	A	2	A	2	A	2	A	2	A	2	24	2.40%
h9	trasladar al área de control de calidad	B	0.5	M	1	M	1	B	0.5	M	1	B	0.5	M	1	B	0.5	M	1	B	0.5	M	1	B	0.5	9	0.90%
h10	inspección y Embalado del husillo de cobre	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%
h11	Almacenamiento de Producto terminado.	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%
																										TOTAL	15.0%

\*Total de puntos multiplicados por 0.1% para acumular el total. Suplemento total es la sumatoria de acumulados

Escenario final (Tensión alta =1 punto; tensión media= 1 punto; tensión baja = 0.5 puntos)

Producto		Suplementos																								Total de puntos	Total suplemento (%)
Operación		Tensión física								Tensión mental								Condiciones de trabajo									
El. Núm.	Descripción de elemento	Fuerza media		Postura		Vibraciones		Ciclo		Concentración		Monotonía		Tensión visual		Ruido		Temperatura		Ventilación		Polvo		Suciedad			
		Tensió	Puntos	Tensió	Puntos	tensión	Puntos	tensión	Puntos	tensión	Puntos	tensión	Puntos	tensión	Puntos	tensión	Puntos	tensión	Puntos	tensión	Puntos	tensión	Puntos	tensión	Puntos		
h1	transportar material a sierra mecánica	B	0.5	B	0.5	M	1	M	1	B	0.5	B	0.5	M	1	M	1	B	0.5	B	0.5	M	1	M	1	9	0.90%
H2	cortar barra de cobre a 1000 mm de longitud	B	0.5	M	1	A	2	A	2	A	2	M	1	B	0.5	M	1	A	2	B	0.5	B	0.5	B	0.5	13.5	1.35%
h3	Transportar barra de cobre a torno cnc.	B	0.5	B	0.5	B	0.5	M	1	B	0.5	B	0.5	M	1	B	0.5	M	1	B	0.5	B	0.5	B	0.5	7.5	0.75%
h4	taladrar, roscar y refrentar a 235mm de longitud	M	1	A	2	B	0.5	A	2	M	1	A	2	M	1	A	2	A	2	B	0.5	A	2	B	0.5	16.5	1.65%
h5	transportar barras de cobre a la fresadora.	B	0.5	M	1	B	0.5	M	1	M	1	B	0.5	M	1	M	1	M	1	B	0.5	M	1	M	1	10	1.00%
h6	fresar canal a la barra se cobre	M	1	A	2	A	2	M	1	A	2	M	1	A	2	M	1	A	2	B	0.5	A	2	M	1	17.5	1.75%
h7	trasladar al torno convencional.	B	0.5	M	1	B	0.5	M	1	M	1	M	1	M	1	M	1	B	0.5	B	0.5	B	0.5	M	1	9.5	0.95%
h8	lijar y dar acabado el husillo	M	1	A	2	M	1	A	2	M	1	A	2	M	1	B	0.5	M	1	A	2	M	1	B	0.5	15	1.50%
h9	trasladar al área de control de calidad	B	0.5	M	1	M	1	B	0.5	M	1	B	0.5	M	1	B	0.5	M	1	B	0.5	M	1	B	0.5	9	0.90%
h10	inspección y Embalado del husillo de cobre	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%
h11	Almacenamiento de Producto terminado.	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%
																										TOTAL	12.0%

\*Total de puntos multiplicados por 0.1% para acumular el total. Suplemento total es la sumatoria de acumulados

