



COORDINACIÓN DE TITULACIÓN ESPECIAL  
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**Proyecto Técnico previo a la obtención del título de Ingeniería Industrial**

Título: Propuesta de mejora de la productividad del trabajo en el taller de mecanizado de la empresa Poligrup S.A.

Title: Offer of improvement of the productivity of the work in the workshop of mechanized of the company Poligrup S.A

Autor: Saúl Gerardo Márquez Orozco

Director: Ing. Ind. Ángel González Vázquez, MAE

Guayaquil, 30 noviembre de 2016

## **DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA**

Yo, Saúl Gerardo Márquez Orozco, declaro que soy el único autor de este Proyecto Técnico titulado **“Propuesta de mejora de la productividad del trabajo en el taller de mecanizado de la empresa Poligrup S.A”**

Los conceptos aquí desarrollados, análisis realizados y las conclusiones del presente trabajo, son de exclusiva responsabilidad del autor.

Guayaquil, 30 de noviembre de 2016

---

Saúl Gerardo Márquez Orozco

C.C. # 0921883401

## DECLARACIÓN DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Quien suscribe, en calidad de autor del trabajo de titulación **“Propuesta de mejora de la productividad del trabajo en el taller de mecanizado de la empresa Poligrup S.A”**, por medio de la presente, autorizo a la UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA DEL ECUADOR a que haga uso parcial o total de esta obra con fines académicos o de investigación.

---

Saúl Gerardo Márquez Orozco

C.C. # 0921883401

## DECLARACIÓN DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Quien suscribe, en calidad de director del trabajo de titulación **“Propuesta de mejora de la productividad del trabajo en el taller de mecanizado de la empresa Poligrup S.A”**, desarrollado por el estudiante Saúl Gerardo Márquez Orozco previo a la obtención del título de Ingeniería Industrial, por medio de la presente certifico que el documento cumple con los requisitos establecidos en el Instructivo para la Estructura y Desarrollo de Trabajos de Titulación para pregrado de la Universidad Politécnica Salesiana. En virtud de lo anterior, autorizo su presentación como una obra autentica y de alto valor académico.

Dado en la ciudad de Guayaquil, 30 de noviembre de 2016

---

Ing. Ind. Ángel González Vásquez, MAE.

DIRECTOR DEL PROYECTO

Universidad Politécnica Salesiana - Sede Guayaquil

## **DEDICATORIA**

A mis padres Ricardo y Mery, por sus buenos consejos y su amor infinito e incondicional, gracias a ellos puedo lograr las metas y estoy seguro que me apoyan en todo.

A Mariuxi, mi hermana, por estar presente siempre apoyándome.

A mi esposa Maricela y a mi hijo Richard por ser muy importantes en mi vida y ser la razón principal de seguir adelante contra toda adversidad.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a Dios Todopoderoso por las bendiciones recibidas, por darme sabiduría e inteligencia para concluir mi etapa universitaria y lograr mi objetivo.

A mis padres, por ser mi guía en todo momento, por su amor y dedicación para educarme y hacer de mí una persona responsable.

A mi hermana por su cariño y apoyo.

A la Universidad Politécnica Salesiana, por darme la oportunidad de recibir los conocimientos impartidos en sus aulas.

A mi tutor Ing. Ángel González, por ayudarme a concretar este proyecto técnico.

## RESUMEN

En el presente proyecto técnico se buscó analizar cuáles son los factores que inciden en la productividad existente en el taller de mecanizado del complejo industrial Poligrup S.A., mediante el análisis de los problemas con el diagrama de Ishikawa, el estudio de tiempos y movimientos, análisis de los procesos y métodos de trabajo y el análisis de la curva de aprendizaje de los trabajadores.

Dentro del esquema del proyecto, se analizó la problemática mediante un diagrama de Ishikawa o también conocido como diagrama causa-efecto y así poder determinar las causas del problema. Se procedió a clasificar las causas conforme al impacto en el efecto o problema como alta, media y baja. Se estableció a las causas con impacto alto como prioridades a mejorar. El análisis se lo realizó mediante la recopilación de la información dada por los operadores de las máquinas-herramientas que están involucrados en el proceso.

Lo siguiente que se realizó fue desarrollar los diagramas de flujo de procesos para revisar los tiempos y operaciones que necesita el operador al realizar una pieza específica. Se analizó las operaciones, del análisis se concluyó sobre la posibilidad de eliminar aquellas actividades (operaciones, inspecciones, transporte y demoras) que no agregan valor al trabajo y que pueden ser suprimidas. Posteriormente se presentó propuestas de mejoras en los trabajos que se realizan. Se implementó el nuevo método de trabajo y se obtuvo resultados favorables, disminuyendo los tiempos, sin aumentar otros recursos y por ende dio una mejora en la productividad.

La siguiente técnica que se empleó fue la medición del porcentaje de aprendizaje del operador mientras realiza un trabajo determinado dentro del taller de mecanizado; es decir, la destreza que adquiere el operador de las máquinas - herramientas durante el proceso de mecanizado entre la primera pieza y las sucesivas, lo que se logra con esto es comprender la necesidad de capacitación del trabajador, la forma como aprende, la velocidad con que aprende y por último ayuda a determinar los tiempos estándares de trabajo.

Finalmente se realizó la medición de la productividad, mediante el cálculo de los tiempos empleados en sus inicios (sin intervención) con relación a los tiempos que se logró reducir mediante la propuesta de eliminación de actividades. Los resultados fueron un aumento en la productividad y a la vez, un significativo ahorro económico en el mecanizado de las piezas que se realizan en el taller.

## ABSTRACT

The present technical project sought to analyze the factors that influence productivity in the machining workshop of the industrial complex Poligrup SA, by analyzing the problems with the Ishikawa diagram, the study of times and movements, analysis of The processes and methods of work and the analysis of the learning curve of the workers.

Within the scheme of the project, the problem was analyzed by means of an Ishikawa diagram or also known as cause-effect diagram and thus to be able to determine the causes of the problem. We proceeded to classify the causes according to the impact on the effect or problem as high, medium and low. High-impact causes were established as priorities for improvement. The analysis was done through the collection of the information given by the operators of the machine tools that are involved in the process.

The next thing that was done was to develop process flow diagrams to check the times and operations that the operator needs when making a specific part. The operations were analyzed, the analysis concluded on the possibility of eliminating those activities (operations, inspections, transportation and delays) that do not add value to the work and can be suppressed. Subsequently, proposals for improvements in the work carried out were presented. The new method of work was implemented and favorable results were obtained, reducing the times, without increasing other resources and therefore gave an improvement in productivity.

The following technique was used to measure the percentage of operator learning while performing a specific job within the machining workshop; That is to say, the skill acquired by the machine tool operator during the machining process between the first part and the successive ones, what is achieved with this is to understand the worker training need, the way he learns, the speed with Which learns and ultimately helps determine the standard working times.

Finally, the productivity measurement was carried out, by means of the calculation of the times used in its beginnings (without intervention) in relation to the times that it was possible to reduce by means of the proposal of elimination of activities. The results were an increase in productivity and, at the same time, a significant economic saving in the machining of the pieces that are made in the workshop.



## ÍNDICE GENERAL

|                                                       |      |
|-------------------------------------------------------|------|
| DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA              | II   |
| DECLARACIÓN DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR            | III  |
| DECLARACIÓN DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN    | IV   |
| DEDICATORIA                                           | V    |
| AGRADECIMIENTOS                                       | VI   |
| RESUMEN                                               | VII  |
| ABSTRACT                                              | VIII |
| ÍNDICE GENERAL                                        | IX   |
| ÍNDICE DE FIGURAS                                     | XII  |
| TABLAS                                                | XIII |
| INTRODUCCIÓN                                          | 1    |
| CAPÍTULO I                                            | 4    |
| EL PROBLEMA                                           | 4    |
| 1.1 Antecedentes                                      | 4    |
| Misión de Poligrup S.A.                               | 4    |
| Visión de Poligrup S.A.                               | 4    |
| Política de calidad, seguridad y salud en el trabajo. | 4    |
| 1.2 Importancia y alcances.                           | 5    |
| 1.3 Delimitación                                      | 6    |
| 1.3.1 Temporal                                        | 6    |
| 1.3.2 Espacial o Geográfica.                          | 6    |
| 1.4 Formulación del Problema.                         | 7    |
| 1.5 Objetivos                                         | 7    |
| 1.5.1 Objetivo General                                | 7    |
| 1.5.2 Objetivos específicos.                          | 7    |
| CAPÍTULO II                                           | 8    |
| MARCO TEÓRICO                                         | 8    |
| 2.1 Marco Referencial Teórico                         | 8    |
| 2.2 Productividad                                     | 8    |
| 2.2.1 Índices de productividad                        | 9    |
| 2.2.2 Importancia de la productividad.                | 10   |
| 2.2.3 Factores que restringen la productividad.       | 10   |

|                                                                                   |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.3 Curvas de aprendizajes                                                        | 11 |
| 2.3.1 Análisis algorítmico.                                                       | 12 |
| 2.4 Guía para el análisis de trabajo-sitio de trabajo.                            | 13 |
| 2.5 Herramientas de registro y análisis.                                          | 13 |
| 2.5.1 Gráfica del proceso operativo                                               | 13 |
| 2.5.2 Diagrama de flujo del proceso.                                              | 14 |
| 2.5.3 Diagrama de flujo o recorrido.                                              | 14 |
| 2.5.4 Diagramas de procesos hombre-máquina.                                       | 15 |
| 2.5.5 Diagrama de Ishikawa.                                                       | 15 |
| 2.5.6 Método de las 6M                                                            | 15 |
| 2.5.6.1 Mano de obra o gente                                                      | 16 |
| 2.5.6.2 Métodos                                                                   | 16 |
| 2.5.6.3 Máquinas o equipos                                                        | 16 |
| 2.5.6.4 Material                                                                  | 16 |
| 2.5.6.5 Mediciones                                                                | 17 |
| 2.5.6.6 Medio ambiente                                                            | 17 |
| CAPÍTULO III                                                                      | 18 |
| MARCO METODOLÓGICO                                                                | 18 |
| 3.1 Mandril para fajillado de envases.                                            | 19 |
| 3.2 Camisas y fondo falsos para envases.                                          | 21 |
| 3.3 Empujadores para formado de envases.                                          | 23 |
| 3.4 Mandril de impresión de envases.                                              | 25 |
| 3.5 Formador de tapa.                                                             | 27 |
| CAPÍTULO IV                                                                       | 29 |
| RESULTADOS                                                                        | 29 |
| 4.1 Análisis de los factores que intervienen en el proceso productivo del taller. | 29 |
| 4.1.1 Mano de obra.                                                               | 30 |
| 4.1.2 Métodos                                                                     | 30 |
| 4.1.3 Máquinas                                                                    | 30 |
| 4.1.4 Material.                                                                   | 31 |
| 4.1.5 Mediciones                                                                  | 31 |
| 4.1.6 Medio ambiente                                                              | 31 |

|                                                          |    |
|----------------------------------------------------------|----|
| 4.2 Elaboración de los diagramas de procesos propuestos. | 33 |
| 4.3 Análisis de la curva de aprendizaje.                 | 38 |
| 4.4 Medición de la productividad.                        | 41 |
| CONCLUSIONES                                             | 44 |
| RECOMENDACIONES                                          | 45 |
| BIBLIOGRAFÍA                                             | 46 |
| ANEXOS                                                   | 48 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|                                                                                    |    |
|------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1: Ubicación de empresa Poligrup S.A.                                       | 6  |
| Figura 2: Productividad y sus componentes                                          | 8  |
| Figura 3: Curvas de aprendizaje trazadas en forma de tiempos y número de unidades. | 12 |
| Figura 4: Diagrama del proceso operativo                                           | 13 |
| Figura 5: Diagrama de Ishikawa                                                     | 15 |
| Figura 6: Mandril de etiquetado para tarrina de 250 gr. y 500 gr.                  | 19 |
| Figura 7: Camisa y fondo falso (formadores) para tarrina de 250 LVG.               | 21 |
| Figura 8: Empujadores para vaso 150 R                                              | 23 |
| Figura 9: Mandril de impresión para tarrina ABS y tarrina 250 LVG                  | 25 |
| Figura 10: Formador de tapa 500 LVG                                                | 27 |
| Figura 11: Análisis del diagrama de Ishikawa en el taller                          | 29 |
| Figura 12: Tabla de valor de unidades                                              | 40 |

**TABLAS**

|                                                                                          |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 1. Símbolos del diagrama de procesos.                                              | 14 |
| Tabla 2: Diagrama de proceso de mandril de fajillado de envases.                         | 20 |
| Tabla 3: Diagrama de proceso de camisa y fondo falso de envases.                         | 22 |
| Tabla 4: Diagrama de proceso de empujadores de envases.                                  | 24 |
| Tabla 5: Diagrama de proceso de mandril de impresión.                                    | 26 |
| Tabla 6: Diagrama de proceso de formador de tapa.                                        | 28 |
| Tabla 7: Prioridades obtenidas del análisis del diagrama de Ishikawa.                    | 32 |
| Tabla 8: Diagrama de proceso de mandril para fajillado de envases (propuesto)            | 33 |
| Tabla 9: Diagrama de procesos de camisa y fondo falso de envases (propuesto)             | 34 |
| Tabla 10: Diagrama de proceso de empujadores de envases (propuesto).                     | 35 |
| Tabla 11: Diagrama de procesos de mandril de impresión (propuesto).                      | 36 |
| Tabla 12: Diagrama de procesos de formador de tapa (propuesto)                           | 37 |
| Tabla 13: Resultados de tiempos y cálculo con respecto a la tabla de valores de unidades | 40 |
| Tabla 14: Resultados de tiempos en horas actuales.                                       | 42 |
| Tabla 15: Resultados de tiempos en horas propuestos.                                     | 42 |

## INTRODUCCIÓN

Todas las empresas buscan beneficios, ya sean económicos o sociales. Las empresas con fines de lucro tienen como objetivo primario tener la rentabilidad necesaria que les permita perdurar en el tiempo. Para obtener la rentabilidad esperada las organizaciones deben ser productivas y eficaces. La productividad se mide con una relación entre lo que se produce dividido para los recursos empleados. Se es más productivo cuando el denominador disminuye. En este proyecto, la disminución del denominador se logra con la menor utilización de horas – hombre.

Las organizaciones también deben ser eficaces, en el sentido que deben hacer las cosas bien y cumplir con los logros. Se puede ser productivo pero no eficaz, se puede aumentar la producción pero no necesariamente se está haciendo las cosas bien; es decir, se aumenta la producción a costa de disminuir los controles de calidad. Esta manera de obrar pueda que mejore la rentabilidad; sin embargo, si se disminuyó la calidad del producto ya no se es eficaz, porque destruye la marca, poniendo en peligro la sostenibilidad o perdurabilidad en el tiempo de la organización.

Las empresas buscan dentro de sus departamentos mejoras de sus indicadores de productividad, tratando de disminuir o eliminar actividades improductivas dadas por diferentes causas, ya sean, por factores internos o externos que afectan directamente a los trabajadores que deriva en mayores tiempos de ejecución de sus trabajos; así también con procesos y métodos de trabajo inadecuados o sin los equipos necesarios para realizar sus actividades.

En este proyecto se busca proponer mejoras en el índice de productividad que se presenta en el taller de mecanizado ubicado dentro del complejo industrial, en el cual se busca que el personal involucrado desarrolle toda su capacidad de análisis, para con ellos encontrar las causas que determinen el problema presente.

En el capítulo I se describe la situación problemática, especificando el problema y se establece los objetivos que se esperan alcanzar dentro del desarrollo del proyecto, el cual se lo realizó en el taller de mecanizado del complejo industrial POLIGRUP S.A., que se dedica a la elaboración de productos plásticos para diversas industrias; dicha actividad la lleva realizando ya hace más de 30 años, lo que ha permitido posicionarse dentro de este mercado.

Sus principales clientes son la industria florícola y camaronera, a los cuales se les provee sobre pedidos la fabricación de mallas extruidas, cabe recalcar que la empresa es pionera en esta actividad. Actualmente la empresa está asumiendo compromisos de calidad mediante la satisfacción del cliente, la actualización tecnológica e implementación de nuevos proyectos para su ampliación de mercados nacionales e internacionales, se tiene como filosofía de trabajo la búsqueda de la mejora continua mediante la participación de equipos de trabajo y establecer un buen clima laboral.

En el capítulo II se detalla el marco teórico para comprender como otros técnicos han abordado la problemática, cuáles fueron las herramientas para analizar los problemas y sacar las conclusiones de los métodos necesarios para obtener los resultados esperados para el presente proyecto. Dentro de este capítulo se desarrollan las bases teóricas con las cuales se sustenta el análisis del proyecto, se mencionan los diversos puntos de vista de autores y sus aportaciones a la metodología utilizada.

En la primera parte de este capítulo se describe los conceptos básicos de productividad y sus componentes, cuál es su importancia y los índices de la misma, a través del análisis de los factores que describen los puntos de vista de los autores. En el siguiente punto se desarrolló el concepto de la curva de aprendizaje método por el cual se logra calcular el porcentaje de aprendizaje en la elaboración de un producto y el cálculo de tiempo que se toma el operador al realizar dicho producto. En la parte final del capítulo se desarrollaron los conceptos sobre diagramas de procesos, para el análisis de tiempos y actividades que se necesitan para realizar un trabajo, dentro de esta parte se describen los conceptos sobre el diagrama de causa-efecto y sus aplicaciones en la búsqueda de una solución a un problema específico.

En el capítulo III, se especifica los pasos a seguir, la metodología utilizada y como se desarrolla, la utilización de herramientas y técnicas de análisis; así también, la información detallada que se requiere dentro del proyecto.

Dentro de este capítulo se describe los factores que se analizaron en el diagrama de causa-efecto, se clasificó las piezas que se asemejan en su procedimientos de trabajo y que se realizan con más frecuencia dentro del taller. Cada una de estas piezas tiene su hoja de proceso con sus respectivas actividades y tiempos que se tomaron al inicio del estudio de tiempo y compararlos con los resultados que se detallan en el siguiente capítulo.

En el capítulo IV se presenta los resultados obtenidos con la utilización de las técnicas y metodología requerida en el proyecto para la evaluación final.

El primer resultado de este capítulo fue el análisis de los factores que se analizaron en el diagrama de causa-efecto, el cual se describe las posibles causas del problema principal que tiene el taller, dando como resultado que los elementos que se tienen prioridad en el análisis son el método y las mediciones, es decir, estos factores son más factibles de mejorar en el día a día.

El siguiente resultado de este capítulo fue la elaboración de los diagramas de procesos propuestos mediante la eliminación de tiempos y actividades inefectivos, luego se realizó la comparación de los tiempos que tomaron al inicio con los tiempos propuestos.

El siguiente resultado del análisis es sobre la curva de aprendizaje, en la cual se detalla que el operador adquiere una destreza al realizar varias veces una pieza y que esa destreza se detalla como el porcentaje de aprendizaje del operador, y a su vez una disminución de tiempos para la realización de las piezas.

Al finalizar este capítulo se realizó la medición de la productividad mediante el historial de las piezas realizadas tomando en cuenta la cantidad de piezas mecanizadas y los tiempos que se tomaron al inicio y al final del proyecto, dio como resultado un aumento de la productividad dentro del taller, lo que es un ahorro significativo en el factor económico, ya que involucra una disminución en el valor del costo de la mano de obra que se necesita al realizar una pieza.

Finalmente se determinan las conclusiones y recomendaciones que realiza el autor del proyecto y que fueron analizadas en los capítulos anteriores, que surgieron como resultado y se consideraron las sugerencias de los operadores, que serán puestas a consideración a los directivos de la empresa quienes se encargaran de analizar cómo se abordó la problemática y considerarla para realizar nuevos estudios.



## **CAPÍTULO I**

### **EL PROBLEMA**

#### **1.1 Antecedentes**

La empresa donde se desarrolló el proyecto se dedica a la elaboración de productos plásticos mediante el proceso de extrusión tales como mallas, laminas, folios y el proceso de termoformado de envases para la industria alimenticia e insumos de limpieza.

Empresa constituida en marzo de 1979, se inició con la sociedad anónima denominada POLIMALLA, para luego convertirse en el complejo industrial POLIGRUP S.A., iniciando sus actividades como fabricante pionero en mallas plásticas extruidas, que permitió el desarrollo de productos dirigidos a diferentes mercados, dependiendo del tipo de materias primas a usarse. En los siguientes años se amplía la gama de productos adquiriendo maquinarias que permitan extruir láminas en diferentes materias primas como ABS, Polietileno (HDPE-LPDE), Polipropileno (PP), y con estos atender nuevos mercados. (Poligrup Grupo Industrial, sf)

- **Misión de Poligrup S.A.**

Somos un grupo empresarial del sector plástico, conformado por varias unidades estratégicas de negocio, las cuales se enfocan en: proveer productos especializados y personalizados de calidad para sectores estratégicos y de consumo, considerando el proceso de mejora continua.

- **Visión de Poligrup S.A.**

Ser reconocidos por el mercado como un grupo empresarial diversificado, que ha logrado un crecimiento significativo, con nuevos productos de vanguardia, enfoque al sector exportador y presencia internacional en el área andina.

- **Política de calidad, seguridad y salud en el trabajo.**

Poligrup S.A. es una industria dedicada a la fabricación de productos plásticos y textiles, constituida en leyes ecuatorianas que se compromete a cumplir con objetivos que engloban las normas legales vigentes y otros requisitos aplicables en el campo de la seguridad y salud en el trabajo y los procesos eficaces y controlados de calidad.

Para el fiel cumplimiento de estos principios corporativos asumimos los siguientes compromisos de calidad:

- Satisfacción de clientes internos y externos.
- Comunicación efectiva.

- Suministros de productos de calidad.
- Participación de equipos de trabajo.
- Búsqueda de la mejora continua.
- Ampliación de mercados nacionales e internacional.
- Actualización tecnológica e implementación de proyectos.
- Asignación de los recursos necesarios.
- Buen clima laboral.
- Desarrollo del talento humano.

Dentro del complejo industrial se encuentra el taller de mecanizado, el cual forma parte del departamento de mantenimiento, donde se realizan los trabajos de reparación de piezas que utilizan las diferentes máquinas. (Ver anexo 1)

El problema principal que se presenta en el taller es la percepción de los mandos medios que la productividad en los trabajos de mecanizado es baja, aunque no existan estándares ni indicadores, que hayan servido para medir. Aun así, los directivos consideraron que estas causas pudieron ser por: la poca experiencia de los operadores, por el tiempo que se emplea en la producción de una pieza específica diferente a los pedidos normales, las distancias existentes entre una máquina y otra para desarrollar los procesos que involucren la obtención de las piezas, la demora en la adquisición de materiales e insumos para la elaboración de trabajos, entre otros.

Ante las suposiciones de los directivos fue necesario realizar un estudio que permita identificar las causas que más inciden en la baja de la productividad en el taller mecanizado.

## **1.2 Importancia y alcances.**

Este proyecto tiene como finalidad el incremento de la productividad dentro del taller, ya que es muy importante para el desarrollo de la empresa y de los involucrados en el proceso operacional y productivo.

Entre los beneficiarios de este proyecto se encuentran los operadores encargados de la producción dentro del taller, ya que contarán con registros de datos de las diferentes piezas a fabricarse y lograr un proceso más eficaz para su realización, clasificando el trabajo ya sea por método, material o máquina a utilizar, con estos parámetros puede desarrollar nuevamente el cronograma o proceso a utilizar en cada fabricación de la pieza que se designa.

Además, uno de las ventajas obtenidas dentro de la empresa, es que, se puede hacer reducción de costos por proveedores externos, es decir, baja la dependencia de contratación de otro taller que esté fuera de la empresa para realizar los trabajos.

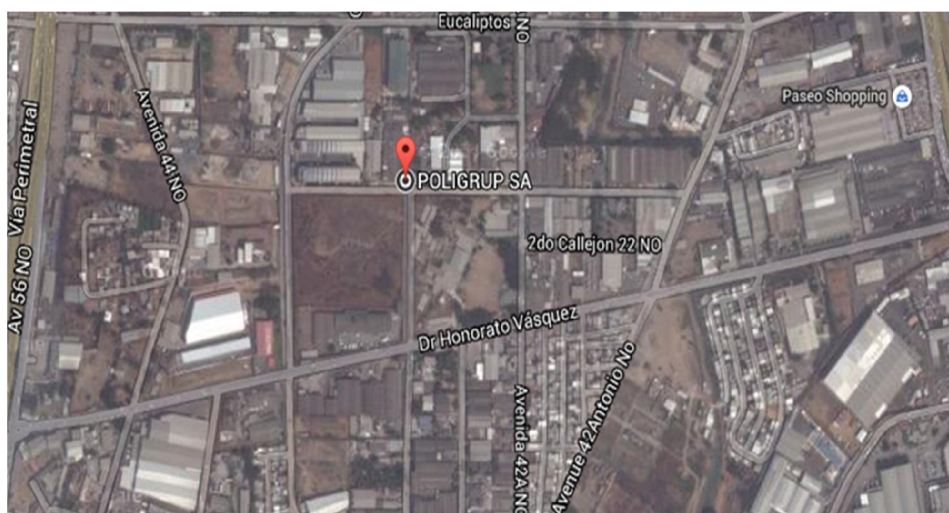
### 1.3 Delimitación

#### 1.3.1 Temporal

El proyecto técnico se desarrolló durante el periodo correspondido entre los meses de mayo y septiembre del año 2016, en cuyo lapso tiempo, se logró registrar todas situaciones con respecto a la problemática que existe en el taller para así implementar la metodología planteada.

#### 1.3.2 Espacial o Geográfica.

El proyecto se desarrolló en el taller de mecanizado que forma parte del complejo industrial Poligrup S.A., se encuentra ubicada en el km. 9 ½ vía a Daule sector industrial INMACONSA de la ciudad de Guayaquil (fig.1)



**Figura 1:** Ubicación de empresa Poligrup S.A.

**Fuente:** Google Maps.

## **1.4 Formulación del Problema.**

¿Cómo mejorar la productividad del trabajo en el taller de mecanizado?

## **1.5 Objetivos**

### **1.5.1 Objetivo General**

Proponer mejoras en los métodos de trabajo en el taller de mecanizado de la empresa Poligrup S.A.

### **1.5.2 Objetivos específicos.**

1. Desarrollar el marco teórico sobre la productividad y los indicadores aplicables a los talleres de mecanizado.
2. Analizar los factores que intervienen en el proceso productivo del taller a través del diagrama de Ishikawa para encontrar oportunidades de mejoras.
3. Medir la productividad del taller de mecanizado determinando la eficiencia de las observaciones con los estándares de productividad del taller.
4. Determinar la curva de aprendizaje en los trabajos.
5. Medir efectividad de la propuesta del taller de mecanizado comparando la productividad en el proceso actual con la propuesta de mejora.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Marco Referencial Teórico

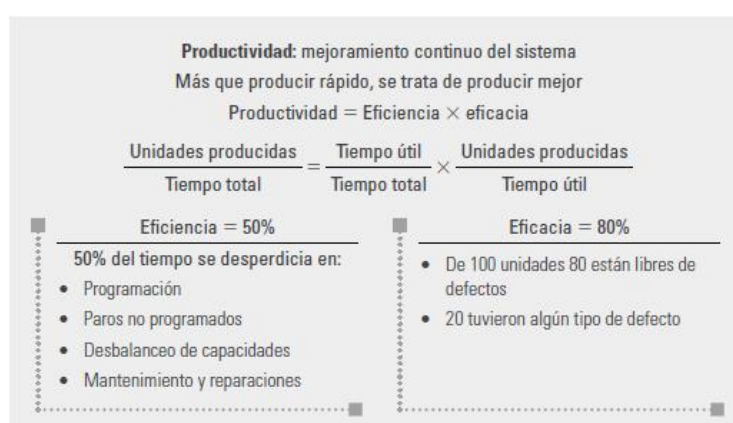
#### 2.2 Productividad

Para comprender, en toda su magnitud, el concepto de productividad, es imprescindible, previamente, tener clara la naturaleza del territorio en donde tiene lugar: la *empresa*. Considere siempre que la productividad es una de las variables de desempeño de las empresas, al igual que la calidad, la eficiencia, la competitividad o la rentabilidad.

En su concepción general clásica, y más comúnmente manejada, la productividad (P) es entendida como la relación volumétrica, es decir, no dineraria, entre los resultados producidos y los insumos utilizados en un periodo determinado. (Baca U., y otros, 2013, pág. 75)

$$P = \frac{\text{Volumen de resultados obtenidos}}{\text{Volumen de insumos utilizados}}$$

La productividad tiene que ver con los resultados que se obtienen en un proceso o un sistema, por lo que incrementar la productividad es lograr mejores resultados considerando los recursos empleados para generarlos. En general, la productividad se mide por el cociente formado por los resultados logrados y los recursos empleados. Los resultados logrados pueden medirse en unidades producidas, en piezas vendidas o en utilidades, mientras que los recursos empleados pueden cuantificarse por número de trabajadores, tiempo total empleado, horas máquina, etc. En otras palabras la medición de la productividad resulta de valorar adecuadamente los recursos empleados para producir o generar ciertos resultados. (Gutiérrez Pulido, 2010, pág. 21)



**Figura 2:** Productividad y sus componentes

**Fuente:** “Calidad total y productividad” por Humberto Gutiérrez Pulido

La productividad es una medida que puede emplearse para conocer qué tan bien están utilizando sus recursos (o factores de producción) un país, una industria o una unidad de negocios. En este sentido amplio, la productividad se define como:

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

La productividad es lo que se conoce como: una medida relativa; es decir, para que tenga significado, se debe comparar con otra cosa. (Chase , Jacobs, & Aquilano, 2010, pág. 28)

### 2.2.1 Índices de productividad

En términos generales, un índice de productividad es el cociente entre la producción de un proceso y el gasto o consumo de dicho proceso. Si la producción crece para un mismo nivel de consumo, el índice de la productividad crece, indicando que la empresa es más productiva, es decir, administra mejor sus recursos para producir más con la misma cantidad de recursos. Un índice de productividad puede utilizarse para comparar el nivel de eficiencia de la empresa, ya sea en un conjunto, o respecto de la administración de uno o varios recursos en particular. De acuerdo con estos objetivos, puede haber índices de productividad total, o índices de productividad parcial.

Cuando un administrador sospecha que su empresa no es productiva (su índice de productividad total es bajo), la acción inmediata será investigar por qué su empresa no es productiva; para este efecto, se puede considerar los índices de productividad parciales, con ellos podrá investigar, por ejemplo, si está consumiendo mucha materia prima y, en ese caso, deberá investigar cuáles son las fuentes de desperdicios. Sin embargo, el administrador podría tener dificultades para detectar las causas de ineficiencia si la fabricación de su producto requiere de varias actividades; pudiera ser que una actividad fuera altamente productiva, mientras que otra actividad es ineficiente. Por esta razón no basta considerar índices de productividad parciales, si además no se registra la productividad por actividades, con la finalidad de tener mayor información consideramos índices de productividad de las actividades del proceso productivo: (Centro Virtual de Aprendizaje: Accion Consultores, s.f.)

$$\text{ÍNDICE DE PRODUCTIVIDAD} = \frac{\text{PRODUCCIÓN DE LA ACTIVIDAD}}{\text{CONSUMO DE LA ACTIVIDAD}}$$

### **2.2.2 Importancia de la productividad.**

Es importante considerar, desde el punto de vista económico y práctico, ciertos cambios que continuamente se llevan a cabo en los ambientes industrial y de negocios. Dichos cambios incluyen la globalización del mercado y de la manufactura, el crecimiento del sector servicios, el uso de computadoras en todas las operaciones de la empresa. La única forma en que un negocio o empresa pueda crecer e incrementar sus ganancias es mediante el aumento de su productividad. La mejora en la productividad se refiere al aumento en la cantidad de la producción por hora de trabajo invertida.

Las herramientas fundamentales que generen una mejora en la productividad incluyen métodos, estudios de tiempo estándares (a menudo conocidos como medición del trabajo) y el diseño del trabajo. (Niebel & Freivalds, 2014, pág. 1)

### **2.2.3 Factores que restringen la productividad.**

Un incremento de la productividad no ocurre por sí solo, sino que son los directivos dedicados y competentes los que lo provocan, y lo logran mediante la fijación de metas, la remoción de los obstáculos que se oponen al cumplimiento de éstas, el desarrollo de planes de acción para eliminarlos y la dirección eficaz de todos los recursos a su alcance para mejorar la productividad, pues varios son los factores que actúan en contra de ésta, en ocasiones generados por la propia empresa o por su personal. Otros surgen en el exterior, por lo cual están fuera del control de los directivos. A continuación se presentan los factores restrictivos más comunes:

1. Incapacidad de los dirigentes para fijar el ambiente el ambiente y crear el clima apropiado para el mejoramiento de la productividad:

Todos los dirigentes son responsables de desarrollar y mantener un ambiente laboral favorable para cumplir las metas organizacionales.

2. Problema de los reglamentos gubernamentales:

La reglamentación gubernamental cada vez mayor ha tenido efectos negativos en la productividad ya que reduce los recursos de las organizaciones.

3. El tamaño y la obsolescencia de las organizaciones tienen un efecto negativo sobre el aumento de la productividad:

Cuanto mayor tamaño adquiere una organización, mayores serán los obstáculos a los que se enfrentaran tanto las comunicaciones internas como las externas, la unidad de propósitos y el cumplimiento de los resultados.

4. Incapacidad para medir y evaluar la productividad de la fuerza de trabajo:

Muchas organizaciones desconocen los procedimientos para evaluar y medir la productividad del trabajo, lo que genera inconformidad entre los empleados.

5. Los recursos físicos, los métodos de trabajo y los factores tecnológicos que actúan tanto en forma individual y combinada para restringir la productividad.

El área de producción, el diseño del producto, la maquinaria y el equipo, así como la calidad de las materias primas que se empleen y la continuidad de su abastecimiento tienen un importante efecto en la productividad. (García Criollo, 2005, pág. 10)

### **2.3 Curvas de aprendizajes**

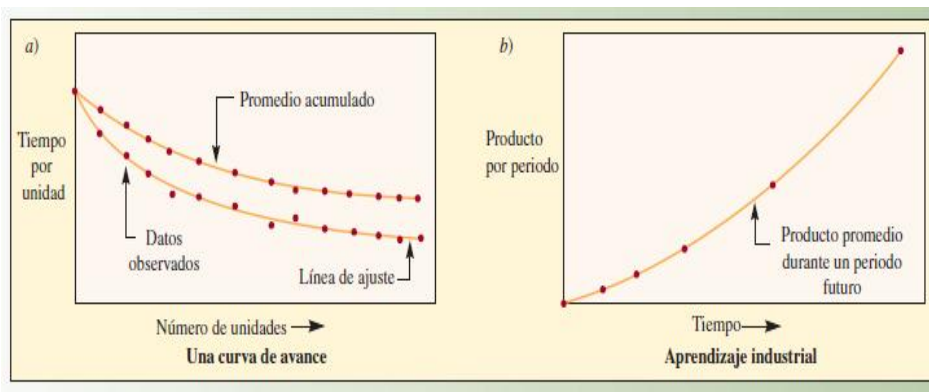
Una curva de aprendizaje es la línea que muestra la relación entre el tiempo de producción de una unidad y el número acumulado de unidades producidas. La teoría de la curva de aprendizaje (o experiencia) tiene múltiples aplicaciones en el mundo de las empresas. En el caso de la manufactura se utiliza para calcular el tiempo que lleva el diseño y la elaboración de un producto, así como sus costos. Las curvas de aprendizaje son importantes pero, en ocasiones se pasan por alto como uno de los retos en los sistemas justo a tiempo (JIT), en los cuales las secuencias y las corridas cortas logran que hayan inventarios más bajos, pero descartan algunos de los beneficios que se derivan de la experiencia de las corridas largas de productos.

Las curvas de aprendizajes se pueden aplicar a personas o a organizaciones. El aprendizaje individual es la mejora que se obtiene de que las personas repitan un proceso y adquieran habilidad o eficiencia en razón de su propia experiencia. Es decir, “la práctica hace al maestro”. El aprendizaje organizacional también se deriva de la práctica, pero además proviene de cambios de la administración, el equipamiento y el diseño del producto. En contextos organizacionales, cabe esperar que los dos tipos de aprendizaje ocurran al mismo tiempo y su efecto combinado muchas veces se describe con una sola curva de aprendizaje.

La teoría de la curva de aprendizaje está fundamentada en tres supuestos:

1. La cantidad de tiempo requerido para determinar una tarea o una unidad de producto será menor cada vez que se emprenda la tarea.
2. El tiempo por unidad ira disminuyendo a un ritmo decreciente.
3. La reducción de tiempo seguirá un patrón previsible. (Chase , Jacobs, & Aquilano, 2010, pág. 143)





**Figura 3:** Curvas de aprendizaje trazadas en forma de tiempos y número de unidades.  
**Fuente:** “Administración de operaciones: Producción y cadena de suministros” por Richard Chase, F. Robert Jacobs, Nicholas J. Aquilano.

Una curva de aprendizaje se puede obtener de una tabulación aritmética, por medio de logaritmos o de otro método para hacer curvas, dependiendo de la cantidad y la forma de los datos disponibles. La mejora del desempeño que conllevan las curvas de aprendizaje se puede concebir de dos maneras: el tiempo por unidad o en unidades de producto por periodo.

El tiempo por unidad muestra la disminución de tiempo que se requiere para cada unidad sucesiva. El tiempo promedio acumulado muestra el desempeño promedio acumulado multiplicado por el número total de incrementos de unidades. El tiempo por unidad y los tiempos promedios acumulados también se conocen como curvas de avance de aprendizaje del producto y son muy útiles en el caso de productos complejos o de los que tienen un ciclo de tiempo más largo.

Las unidades de producto por periodo también se conocen como aprendizaje industrial y se suelen aplicar a la producción de gran volumen (ciclo de tiempo corto). (Chase , Jacobs, & Aquilano, 2010, pág. 144)

### 2.3.1 Análisis algorítmico.

La fórmula normal de la ecuación de la curva de aprendizaje es:

$$Y_x = Kx^n$$

Donde:

$x$  = Número de unidades.

$Y_x$  = Número de horas-hombre directas requeridas para producir la  $x$ -ésima unidad  $x$ .

$K$  = Número de horas-hombre directas requeridas para producir la primera unidad.

$n$  =  $\log b / \log 2$ , donde  $b$  = porcentaje de aprendizaje.

## 2.4 Guía para el análisis de trabajo-sitio de trabajo.

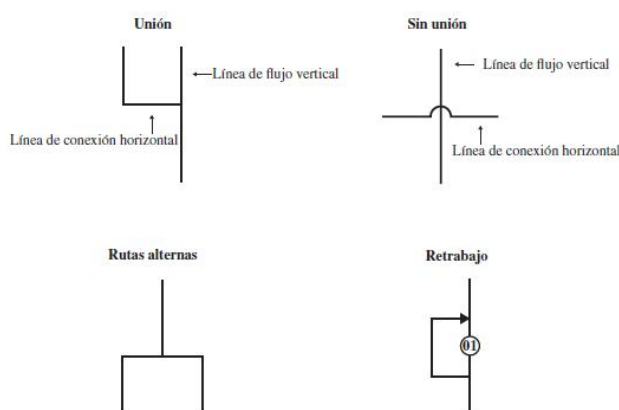
La guía para el análisis del trabajo-sitio de trabajo identifica los problemas dentro de un área, departamento o sitio de trabajo en particular. Antes de recabar datos cuantitativos, el analista debe recorrer el área y observar al trabajador, la tarea, el lugar de trabajo y el ambiente laboral circundante. Además, el analista debe identificar cualquier factor administrativo que pueda afectar el comportamiento o desempeño del trabajador. Todos estos factores proporcionan una perspectiva general de la situación y sirven como guía al analista en el uso de otras herramientas más cuantitativas para recabar y analizar datos. (Niebel & Freivalds, 2014, págs. 23, 25)

## 2.5 Herramientas de registro y análisis.

### 2.5.1 Gráfica del proceso operativo

La gráfica de proceso operativo muestra la secuencia cronológica de todas las operaciones, inspecciones, tiempos permitidos y materiales que se utilizan en un proceso de manufactura o de negocios, desde la llegada de la materia prima hasta el empaquetado del producto terminado. La grafica muestra la entrada de los componentes y subensambles al ensamble principal.

Se utilizan dos símbolos para construir la gráfica del proceso operativo: un pequeño círculo representa una operación y un pequeño cuadrado representa una inspección. Una operación se lleva a cabo cuando una parte bajo estudio se transforma intencionalmente, o cuando se estudia o se planea antes de que se realice cualquier trabajo productivo en dicha parte. Una inspección se realiza cuando la parte es examinada para determinar su cumplimiento con su estándar. (Niebel & Freivalds, 2014, pág. 25)



**Figura 4:** Diagrama del proceso operativo

**Fuente:** Ingeniería industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo por Benjamin W. Niebel y Andris Freivald.

### 2.5.2 Diagrama de flujo del proceso.

Esta herramienta de análisis es una representación gráfica de los pasos que se siguen en una secuencia de actividades que constituyen un proceso o un procedimiento, identificándolos mediante símbolos de acuerdo con su naturaleza: además, incluye toda la información que se considera necesaria para el análisis, tal como distancias recorridas, cantidad considerada y tiempo requerido.

Con fines analíticos y como ayuda para descubrir y eliminar ineficiencias, es conveniente clasificar las acciones que tienen lugar durante un proceso dado en cinco categorías, conocidas bajo el término de operaciones, transportes, inspecciones, retrasos o demoras y almacenajes (García Criollo, 2005, pág. 42).

**Tabla 1.** Símbolos del diagrama de procesos.

| SÍMBOLO                                                                             | DESCRIPCIÓN | INDICA         | SIGNIFICADO                                                |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------|----------------|------------------------------------------------------------|
|    | Círculo     | Operación      | Ejecución de un trabajo en una parte de un producto        |
|    | Cuadrado    | Inspección     | Utilizado para trabajo de control de calidad               |
|  | Flecha      | Transporte     | Utilizado al mover material                                |
|  | Triángulo   | Almacenamiento | Utilizado para almacenamiento a largo plazo                |
|  | D grande    | Retraso        | Utilizado cuando lo almacenado es inferior a un contenedor |

**Fuente:** “Estudios de tiempos y movimientos para la manufactura ágil” por Fred E. Meyers.

### 2.5.3 Diagrama de flujo o recorrido.

El diagrama de flujo o recorrido es una representación gráfica de la distribución de los pisos y edificios que muestra la ubicación de todas las actividades en el diagrama de flujo del proceso. Cuando los analistas elaboran un diagrama de flujo o recorrido, identifican cada actividad mediante símbolos y números correspondientes a los que aparecen en el diagrama de flujo del proceso. El diagrama de recorrido representa un complemento útil del diagrama de flujo de procesos debido a que indica el camino hacia atrás y las áreas posibles de congestión de tráfico y facilita el desarrollo de una configuración ideal de la planta. (Niegel & Freivalds, 2014, pág. 29)

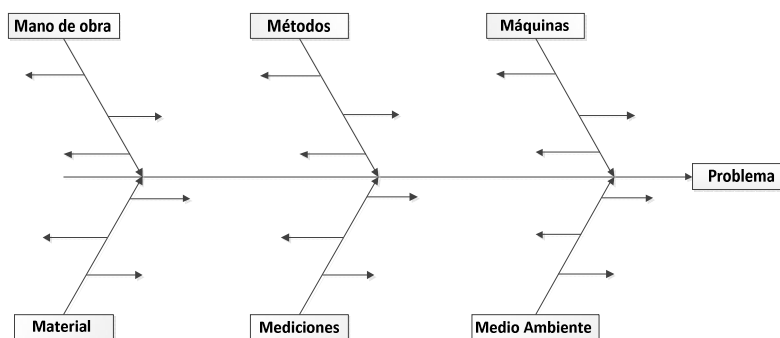
### 2.5.4 Diagramas de procesos hombre-máquina.

El diagrama de proceso hombre-máquina se utiliza para estudiar, analizar y mejorar una estación de trabajo a la vez. El diagrama muestra la relación de tiempo exacta entre el ciclo de trabajo de la persona y el ciclo de operación de la máquina. Estos hechos pueden conducir a una utilización más completa de tiempo del trabajador y de la máquina así como a obtener un mejor balance del ciclo de trabajo. (Niebel & Freivalds, 2014, pág. 30)

### 2.5.5 Diagrama de Ishikawa.

Los diagramas de pescado, también conocidos como diagramas causa-efecto fueron desarrollados por Ishikawa a principios de los años cincuenta mientras trabajaba en un proyecto de control de calidad para Kawasaki Steel Company. El método consiste en definir la concurrencia de un evento o problema no deseable, esto es, el efecto, como la “cabeza de pescado” y, después, identificar los factores que contribuyen a su conformación, esto es, las causas, como las “espinas del pescado”. (Niebel & Freivalds, 2014, pág. 19)

La base para realizar un diagrama de Ishikawa es la estatificación de la información, ya que representará la entrada del diagrama y, con base de ella, se analizarán los posibles factores causales de un efecto determinado (Baca U., y otros, 2013, pág. 119)



**Figura 5:** Diagrama de Ishikawa

**Fuente:** El autor

### 2.5.6 Método de las 6M

El método de construcción de las 6M es el más común y consiste agrupar las causas potenciales en seis ramas principales (6M): método de trabajo, mano o mente de obra, materiales, maquinaria, medición y medio ambiente. (Gutiérrez, 2010, pág. 192)

### **2.5.6.1 Mano de obra o gente**

Conocimiento: ¿La gente conoce su trabajo?

Entrenamiento: ¿Están entrenados los operadores?

Habilidad: ¿Los operadores han demostrado tener habilidad para el trabajo que realizan?

Capacidad: ¿Se espera que cualquier trabajador pueda llevar a cabo de manera eficiente su labor?

¿La gente está motivada?, ¿sabe la importancia de su trabajo por la calidad?

### **2.5.6.2 Métodos**

Estandarización: ¿Las responsabilidades y los procedimientos de trabajo están definidos clara y adecuadamente o dependen del criterio de cada persona?

Excepciones: Cuando el procedimiento estándar no se puede llevar a cabo, ¿existe un procedimiento alternativo claramente definido?

Definición de operaciones: ¿Están definidas las operaciones que constituyen los procedimientos?, ¿cómo se decide si la operación fue hecha de manera correcta?

### **2.5.6.3 Máquinas o equipos**

Capacidad: ¿Las máquinas han demostrado ser capaces de dar calidad que se les pide?

Condiciones de operación: ¿Las condiciones de operación en términos de las variables de entrada son las adecuadas?, ¿se ha hecho algún estudio que respalde esta afirmación?

Herramientas: ¿Hay cambios de herramientas periódicamente?

Mantenimiento: ¿Hay programas de mantenimiento preventivo?

### **2.5.6.4 Material**

Variabilidad: ¿Se conoce como influye la variabilidad de los materiales o materia prima sobre el problema?

Cambios: ¿Ha habido algún cambio reciente en los materiales?

Proveedores: ¿Cuál es la influencia de múltiples proveedores?

Tipos: ¿Se sabe cómo influyen los distintos tipos de materiales?

#### **2.5.6.5 Mediciones**

Disponibilidad: ¿Se dispone de las mediciones requeridas para detectar o prevenir el problema?

Definiciones: ¿Están definidas operacionalmente las características que se miden?

Tamaño de muestra: ¿se han medido suficientes piezas?

Repetibilidad: ¿Se tiene evidencia de que el instrumento de medición es capaz de repetir la medida con la precisión requerida?

Reproducibilidad: ¿Se tiene evidencia de que los métodos y criterios usados por los operadores son los adecuados?

Calibración o sesgo: ¿Existe algún sesgo en las medidas generadas por el sistema de medición?

#### **2.5.6.6 Medio ambiente**

Ciclos: ¿Existen patrones o ciclos en los procesos que dependen de las condiciones del medio ambiente?

Temperatura: ¿La temperatura ambiental influye en las operaciones? (Gutiérrez, 2010, págs. 194,195)

### **CAPÍTULO III**

#### **MARCO METODOLÓGICO**

Para conocer la situación actual del taller se procedió a realizar un análisis completo de los factores que influyen y afectan directamente con la problemática propuesta en el presente trabajo.

Para lograr el objetivo se elaboró un diagrama de Ishikawa o conocido también como “espina de pescado”, donde se consultó a los colaboradores involucrados directamente con los procesos de mecanizado todas las posibles causas que afecten con el índice de productividad, para conocer más a fondo las situaciones con las que se enfrentan día a día, es decir, medir los factores que intervienen en el proceso productivo de taller y así lograr los objetivos propuestos. Se analizaron los factores que intervienen en el proceso productivo del taller los cuales son:

- Mano de obra.
- Métodos
- Máquinas
- Material
- Mediciones
- Medio ambiente

En el siguiente paso se realizó la clasificación de piezas que se asemejan o siguen una misma línea de procedimientos ya que las piezas que son agrupadas o clasificadas son similares y lo que cambia entre ellas son las dimensiones, teniendo esta clasificación se procedió a realizar el diagrama de flujo de proceso de cada pieza requerida, donde se obtuvieron los procedimientos de cada pieza y el tiempo promedio que necesita una pieza para ser trabajada, se obtuvo los resultados preliminares y se analizó procesos para darse cuenta cuales estaban de más o no eran necesarios realizarlos, logrando con esto reducción de tiempos disponibles de máquina y de proceso de mecanizado de las piezas.

En lo posterior, se realizó la medición de la curva de aprendizaje y el porcentaje de aprendizaje del operador entre mecanizados de piezas, en el cual se planteó una ecuación, en la cual se describe el porcentaje de destreza del operador y que con este resultado se llega a obtener el tiempo real que necesita para producir el número de piezas requeridas en las ordenes de trabajo.

### 3. Listado de piezas mecanizadas en taller y diagramas de proceso actuales

El taller se dedica al mecanizado de piezas metálicas y no metálicas ya sean para matricería de los diferentes moldes de termoformado, y piezas para las diferentes máquinas donde se realiza el proceso de producción. Se realizó los diagramas de flujo de procesos de piezas representativas de los pedidos que llegan al taller, con variación de medidas y especificaciones requeridas por el cliente. En la siguiente lista se detallan las piezas representativas a las cuales se elaboraron los diagramas actuales y propuestos. (Ver anexo 2)

#### 3.1 Mandril para fajillado de envases.

Esta pieza se la utiliza en el proceso de etiquetado de envases, está mecanizada en un material denominado derlin, que es un termoplástico, el cual sirve de guía donde desliza la etiqueta termoencogible que se acopla en el envase que se transporta mediante una banda al horno donde se adhiere al envase.



**Figura 6:** Mandril de etiquetado para tarrina de 250 gr. y 500 gr.

**Fuente:** El autor.

En la tabla 2 se representa el diagrama de proceso del mandril de etiquetado, mostrando el procedimiento requerido en el mecanizado y los tiempos empleados en los mismos, para la producción de la pieza.



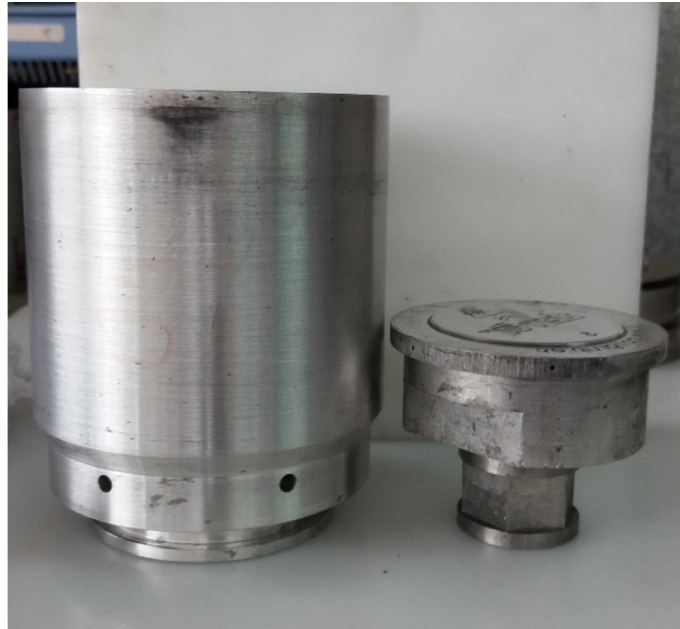
**Tabla 2:** Diagrama de proceso de mandril de fajillado de envases.

| DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO    |           |            |           |        |            |               |                                            |
|---------------------------------|-----------|------------|-----------|--------|------------|---------------|--------------------------------------------|
| RESUMEN                         | ACTUAL    |            | PROPUESTO |        | DIFERENCIA |               | TAREA : Mandril para fajillado de envases. |
|                                 | #         | Tiempo     | #         | Tiempo | #          | Tiempo        | PERSONAL : Tornero/Fresador                |
| ○ operaciones                   | 18        | 347        |           |        |            |               | MATERIAL : Derlin                          |
| ⇒ transportes                   | 2         | 6          |           |        |            |               | El diagrama empieza:                       |
| □ controles                     | 6         | 16         |           |        |            |               | El diagrama termina:                       |
| D esperas                       |           |            |           |        |            |               | Diagramado por:                            |
| ▽ almacén                       | 1         | 2          |           |        |            |               | Revisado por:                              |
| Total                           | 27        | 371        |           |        |            |               |                                            |
| Distancia recorrida en metros   |           |            |           |        |            |               |                                            |
| DETALLES DEL MÉTODO             |           |            |           |        |            |               |                                            |
|                                 | Operación | Transporte | Control   | Espera | Almacén    | Distancia (m) | Tiempo (min)                               |
| Retirar material de bodega      | ○         | ⇒          | □         | D      | ▽          |               | 5                                          |
| Cortar material                 | ●         | ⇒          | □         | D      | ▽          |               | 5                                          |
| Perforación de puntos centros   | ●         | ⇒          | □         | D      | ▽          |               | 5                                          |
| Mecanizar largo total de pieza  | ●         | ⇒          | □         | D      | ▽          |               | 30                                         |
| Verificación de pieza           | ○         | ⇒          | ■         | D      | ▽          |               | 2                                          |
| Mecanizado de diámetro exterior | ●         | ⇒          | □         | D      | ▽          |               | 90                                         |
| Verificación de medida final    | ○         | ⇒          | ■         | D      | ▽          |               | 2                                          |
| Mecanizar insertos de mandril   | ●         | ⇒          | □         | D      | ▽          |               | 60                                         |
| Llevar piezas a fresadora       | ○         | ⇒          | □         | D      | ▽          |               | 1                                          |
| Montaje de divisor en máquina   | ●         | ⇒          | □         | D      | ▽          |               | 5                                          |
| Centrar pieza                   | ○         | ⇒          | ■         | D      | ▽          |               | 5                                          |
| Perforar agujeros               | ●         | ⇒          | □         | D      | ▽          |               | 40                                         |
| Mecanizar ranuras en pieza      | ●         | ⇒          | □         | D      | ▽          |               | 40                                         |
| Verificación de medidas         | ○         | ⇒          | ■         | D      | ▽          |               | 3                                          |
| Desmontaje de pieza             | ●         | ⇒          | □         | D      | ▽          |               | 1                                          |
| Montaje de inserto              | ●         | ⇒          | □         | D      | ▽          |               | 2                                          |
| Perforar agujeros en inserto 1  | ●         | ⇒          | □         | D      | ▽          |               | 15                                         |
| Mecanizar ranuras en inserto    | ●         | ⇒          | □         | D      | ▽          |               | 15                                         |
| Verificación de medidas         | ○         | ⇒          | ■         | D      | ▽          |               | 2                                          |
| Desmontaje de pieza             | ●         | ⇒          | □         | D      | ▽          |               | 1                                          |
| Montaje de inserto 2            | ●         | ⇒          | □         | D      | ▽          |               | 2                                          |
| Perforar agujeros en inserto 2  | ●         | ⇒          | □         | D      | ▽          |               | 15                                         |
| Mecanizar ranuras en inserto    | ●         | ⇒          | □         | D      | ▽          |               | 15                                         |
| Verificación de medidas         | ○         | ⇒          | ■         | D      | ▽          |               | 2                                          |
| Desmontaje de pieza             | ●         | ⇒          | □         | D      | ▽          |               | 1                                          |
| Retirar rebaba en piezas        | ●         | ⇒          | □         | D      | ▽          |               | 5                                          |
| Entregar mandril mecanizado     | ○         | ⇒          | □         | D      | ▽          |               | 2                                          |
|                                 | ○         | ⇒          | □         | D      | ▽          |               |                                            |
|                                 | ○         | ⇒          | □         | D      | ▽          |               |                                            |
|                                 | ○         | ⇒          | □         | D      | ▽          |               |                                            |
|                                 | ○         | ⇒          | □         | D      | ▽          |               |                                            |
|                                 | ○         | ⇒          | □         | D      | ▽          |               |                                            |
|                                 | ○         | ⇒          | □         | D      | ▽          |               |                                            |
|                                 | ○         | ⇒          | □         | D      | ▽          |               |                                            |
|                                 | ○         | ⇒          | □         | D      | ▽          |               |                                            |
|                                 | ○         | ⇒          | □         | D      | ▽          |               |                                            |
|                                 | ○         | ⇒          | □         | D      | ▽          |               |                                            |
|                                 | ○         | ⇒          | □         | D      | ▽          |               |                                            |
|                                 | ○         | ⇒          | □         | D      | ▽          |               |                                            |

**Elaborado por:** El autor

### 3.2 Camisas y fondo falsos para envases.

Las camisas y fondos falsos se los fabrica en duraluminio, una aleación de aluminio para trabajos de matricería, estas piezas se acoplan en el molde que se utiliza para el conformado de envases de plástico



**Figura 7:** Camisa y fondo falso (formadores) para tarrina de 250 LVG.  
**Fuente:** El autor.

En la tabla 3, se describe el procedimiento de producción de la camisa y fondo falso para envases, mediante el diagrama de proceso, que indica el procedimiento y los tiempos empleados, para la producción de la pieza.

**Tabla 3:** Diagrama de proceso de camisa y fondo falso de envases.

| DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO      |           |            |           |        |            |               |                                           |
|-----------------------------------|-----------|------------|-----------|--------|------------|---------------|-------------------------------------------|
| RESUMEN                           | ACTUAL    |            | PROPUESTO |        | DIFERENCIA |               | TAREA : Camisa y fondo falso para envases |
|                                   | #         | Tiempo     | #         | Tiempo | #          | Tiempo        | PERSONAL : Tornero/Fresador               |
| ○ operaciones                     | 27        | 346        |           |        |            |               | MATERIAL : Duraluminio                    |
| ⇒ transportes                     | 4         | 8          |           |        |            |               | El diagrama empieza:                      |
| □ controles                       | 10        | 27         |           |        |            |               | El diagrama termina:                      |
| □ esperas                         |           |            |           |        |            |               | Diagramado por:                           |
| ▽ almacén                         | 1         | 2          |           |        |            |               | Revisado por:                             |
| Total                             | 42        | 383        |           |        |            |               |                                           |
| Distancia recorrida en metros     |           |            |           |        |            |               |                                           |
| DETALLES DEL MÉTODO               |           |            |           |        |            |               |                                           |
|                                   | Operación | Transporte | Control   | Espera | Almacén    | Distancia (m) | Tiempo (min)                              |
| Retirar material de bodega        | ○         | ⇒          | □         | □      | ▽          |               | 5                                         |
| Montaje de pieza en máquina       | ●         | ⇒          | □         | □      | ▽          |               | 3                                         |
| Desbastar material                | ●         | ⇒          | □         | □      | ▽          |               | 20                                        |
| Perforar material                 | ●         | ⇒          | □         | □      | ▽          |               | 30                                        |
| Desbaste de material interior     | ●         | ⇒          | □         | □      | ▽          |               | 30                                        |
| Verificar medidas                 | ○         | ⇒          | ■         | □      | ▽          |               | 3                                         |
| Desmontar chuck 3 muelas          | ●         | ⇒          | □         | □      | ▽          |               | 2                                         |
| Montaje de chuck 4 muelas         | ●         | ⇒          | □         | □      | ▽          |               | 2                                         |
| Montaje de pieza en máquina       | ●         | ⇒          | □         | □      | ▽          |               | 3                                         |
| Centrar pieza en chuck            | ○         | ⇒          | ■         | □      | ▽          |               | 5                                         |
| Mecanizar diámetros exteriores    | ●         | ⇒          | □         | □      | ▽          |               | 30                                        |
| Verificar medidas                 | ○         | ⇒          | ■         | □      | ▽          |               | 2                                         |
| Mecanizar ranura                  | ●         | ⇒          | □         | □      | ▽          |               | 10                                        |
| Verificar medidas                 | ○         | ⇒          | ■         | □      | ▽          |               | 2                                         |
| Mecanizar diámetro interior       | ●         | ⇒          | □         | □      | ▽          |               | 20                                        |
| Verificar medidas                 | ○         | ⇒          | ■         | □      | ▽          |               | 2                                         |
| Desmontaje de pieza               | ●         | ⇒          | □         | □      | ▽          |               | 2                                         |
| Cambiar de posición pieza         | ●         | ⇒          | □         | □      | ▽          |               | 3                                         |
| Centrar pieza                     | ○         | ⇒          | ■         | □      | ▽          |               | 5                                         |
| Mecanizar diámetros interiores    | ●         | ⇒          | □         | □      | ▽          |               | 30                                        |
| Verificar medidas                 | ○         | ⇒          | ■         | □      | ▽          |               | 2                                         |
| Mecanizar ángulo interno          | ●         | ⇒          | □         | □      | ▽          |               | 30                                        |
| Verificar medidas                 | ○         | ⇒          | ■         | □      | ▽          |               | 2                                         |
| Desmontaje de pieza               | ●         | ⇒          | □         | □      | ▽          |               | 2                                         |
| Desbastar material de fondo falso | ●         | ⇒          | □         | □      | ▽          |               | 20                                        |
| Perforar material                 | ●         | ⇒          | □         | □      | ▽          |               | 5                                         |
| Mecanizar diámetros exteriores    | ●         | ⇒          | □         | □      | ▽          |               | 25                                        |
| Verificar medidas                 | ○         | ⇒          | ■         | □      | ▽          |               | 2                                         |
| Desmontaje de pieza               | ●         | ⇒          | □         | □      | ▽          |               | 2                                         |
| Llevar pieza a mesa de trabajo    | ○         | ⇒          | □         | □      | ▽          |               | 1                                         |
| Pasar machuelo en pieza           | ●         | ⇒          | □         | □      | ▽          |               | 5                                         |
| Llevar pieza a torno              | ○         | ⇒          | □         | □      | ▽          |               | 1                                         |
| Centrar pieza en chuck            | ●         | ⇒          | □         | □      | ▽          |               | 3                                         |
| Mecanizar diámetros               | ●         | ⇒          | □         | □      | ▽          |               | 10                                        |
| Verificar medidas                 | ○         | ⇒          | ■         | □      | ▽          |               | 2                                         |
| Mecanizar ángulo externo          | ●         | ⇒          | □         | □      | ▽          |               | 10                                        |
| Desmontaje de pieza               | ●         | ⇒          | □         | □      | ▽          |               | 2                                         |
| Llevar piezas a fresadora         | ○         | ⇒          | □         | □      | ▽          |               | 1                                         |
| Montaje de divisor                | ●         | ⇒          | □         | □      | ▽          |               | 5                                         |
| Montaje de piezas en divisor      | ●         | ⇒          | □         | □      | ▽          |               | 2                                         |
| Perforar piezas para vacío        | ●         | ⇒          | □         | □      | ▽          |               | 40                                        |
| Entregar piezas mecanizadas       | ○         | ⇒          | □         | □      | ▼          |               | 2                                         |

**Elaborado por:** El autor

### 3.3 Empujadores para formado de envases.

Los empujadores forman parte del molde el cual tiene diferentes formas y dimensiones para la fabricación de los envases. Esta pieza es la que empuja la lámina de plástico dentro de las cavidades del molde para dar la forma al envase. Se lo mecaniza en nylon o un termoplástico llamado derlin.



**Figura 8:** Empujadores para vaso 150 R

**Fuente:** El autor

En la tabla 4 se muestra el diagrama de procesos de empujador de envases, en el cual se detalla los procedimientos y tiempos de mecanizado, para la producción de la pieza.



### 3.4 Mandril de impresión de envases.

El mandril de impresión es utilizado en la máquina impresora de envases, en este caso de tarrinas, en el mandril se acopla la tarrina la cual por medio de rodillos realiza la impresión de tinta en la misma. Es una pieza compuesta de dos partes; el eje que se mecaniza en acero inoxidable y el mandril que es de aluminio.



**Figura 9:** Mandril de impresión para tarrina ABS y tarrina 250 LVG

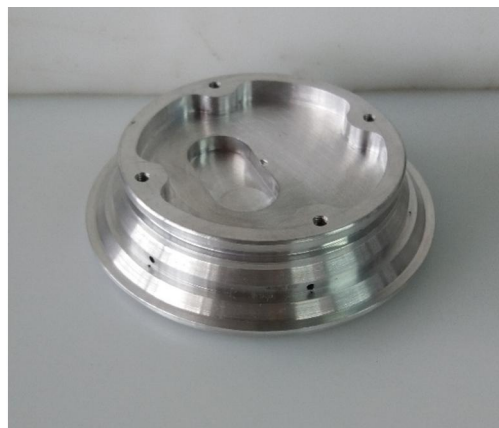
**Fuente:** El autor

En la tabla 5 se muestra el diagrama de proceso del mandril de impresión, en el cual se describe el procedimiento requerido en el mecanizado y los tiempos empleados en los mismos, para la producción de la pieza.



### 3.5 Formador de tapa.

El formador de tapa se mecaniza de aluminio la cual forma parte del molde para tapa de envases, esta pieza es la que da forma a la tapa, es la matriz del molde, mediante el proceso de termoformado.



**Figura 10:** Formador de tapa 500 LVG

**Fuente:** El autor.

En la tabla 6 se muestra el diagrama de proceso del formador de tapa, en el cual se describe el procedimiento requerido en el mecanizado y los tiempos empleados en los mismos, para la producción de la pieza.



**Tabla 6:** Diagrama de proceso de formador de tapa.

| DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO       |           |            |           |        |            |               |                             |
|------------------------------------|-----------|------------|-----------|--------|------------|---------------|-----------------------------|
| RESUMEN                            | ACTUAL    |            | PROPUESTO |        | DIFERENCIA |               | TAREA : Formador de tapa    |
|                                    | #         | Tiempo     | #         | Tiempo | #          | Tiempo        | PERSONAL : Tornero/Fresador |
| ○ operaciones                      | 18        | 207        |           |        |            |               | MATERIAL : Duraluminio      |
| ⇒ transportes                      | 3         | 7          |           |        |            |               | El diagrama empieza:        |
| □ controles                        | 6         | 15         |           |        |            |               | El diagrama termina:        |
| ⊂ esperas                          |           |            |           |        |            |               | Diagramado por:             |
| ▽ almacén                          | 1         | 2          |           |        |            |               | Revisado por:               |
| Total                              | 28        | 231        |           |        |            |               |                             |
| Distancia recorrida en metros      |           |            |           |        |            |               |                             |
| DETALLES DEL MÉTODO                |           |            |           |        |            |               |                             |
|                                    | Operación | Transporte | Control   | Espera | Almacén    | Distancia (m) | Tiempo (min)                |
| Retirar material de bodega         | ○         | ⇒          | □         | ⊂      | ▽          |               | 5                           |
| Montaje de material                | ●         | ⇒          | □         | ⊂      | ▽          |               | 2                           |
| Desbastar material                 | ●         | ⇒          | □         | ⊂      | ▽          |               | 20                          |
| Verificar medidas                  | ○         | ⇒          | ■         | ⊂      | ▽          |               | 2                           |
| Mecanizar ranura                   | ●         | ⇒          | □         | ⊂      | ▽          |               | 5                           |
| Mecanizar diámetros exteriores     | ●         | ⇒          | □         | ⊂      | ▽          |               | 20                          |
| Verificar medidas                  | ○         | ⇒          | ■         | ⊂      | ▽          |               | 2                           |
| Mecanizar diámetro interior        | ●         | ⇒          | □         | ⊂      | ▽          |               | 15                          |
| Verificar medidas                  | ○         | ⇒          | ■         | ⊂      | ▽          |               | 2                           |
| Desmontaje de material             | ●         | ⇒          | □         | ⊂      | ▽          |               | 2                           |
| Montaje de material                | ●         | ⇒          | □         | ⊂      | ▽          |               | 2                           |
| Refrentar pieza                    | ●         | ⇒          | □         | ⊂      | ▽          |               | 20                          |
| Desmontaje de material             | ●         | ⇒          | □         | ⊂      | ▽          |               | 2                           |
| Llevar pieza a fresadora           | ○         | ⇒          | □         | ⊂      | ▽          |               | 1                           |
| Montaje de divisor                 | ●         | ⇒          | □         | ⊂      | ▽          |               | 5                           |
| Mecanizar perforaciones            | ●         | ⇒          | □         | ⊂      | ▽          |               | 15                          |
| Pasar machuelo en agujeros         | ●         | ⇒          | □         | ⊂      | ▽          |               | 10                          |
| Fresar cavidad circulación de agua | ●         | ⇒          | □         | ⊂      | ▽          |               | 40                          |
| Desmontaje de pieza                | ●         | ⇒          | □         | ⊂      | ▽          |               | 2                           |
| Llevar pieza a torno               | ○         | ⇒          | □         | ⊂      | ▽          |               | 1                           |
| Montaje de pieza                   | ●         | ⇒          | □         | ⊂      | ▽          |               | 2                           |
| Centrar pieza                      | ○         | ⇒          | ■         | ⊂      | ▽          |               | 5                           |
| Mecanizar diámetro exterior        | ●         | ⇒          | □         | ⊂      | ▽          |               | 25                          |
| Verificar medidas                  | ○         | ⇒          | ■         | ⊂      | ▽          |               | 2                           |
| Mecanizar ángulos en pieza         | ●         | ⇒          | □         | ⊂      | ▽          |               | 15                          |
| Verificar medidas                  | ○         | ⇒          | ■         | ⊂      | ▽          |               | 2                           |
| Pulir formador                     | ●         | ⇒          | □         | ⊂      | ▽          |               | 5                           |
| Entregar formador mecanizado       | ○         | ⇒          | □         | ⊂      | ▽          |               | 2                           |
|                                    | ○         | ⇒          | □         | ⊂      | ▽          |               |                             |
|                                    | ○         | ⇒          | □         | ⊂      | ▽          |               |                             |
|                                    | ○         | ⇒          | □         | ⊂      | ▽          |               |                             |
|                                    | ○         | ⇒          | □         | ⊂      | ▽          |               |                             |
|                                    | ○         | ⇒          | □         | ⊂      | ▽          |               |                             |
|                                    | ○         | ⇒          | □         | ⊂      | ▽          |               |                             |
|                                    | ○         | ⇒          | □         | ⊂      | ▽          |               |                             |
|                                    | ○         | ⇒          | □         | ⊂      | ▽          |               |                             |
|                                    | ○         | ⇒          | □         | ⊂      | ▽          |               |                             |
|                                    | ○         | ⇒          | □         | ⊂      | ▽          |               |                             |

**Elaborado por:** El autor

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS

De acuerdo con las metodologías planteadas se procedió a obtener lo siguiente: resultados en el análisis del diagrama de Ishikawa, resultados sobre los diagramas de procedimientos de las piezas más representativas que se elaboran dentro del taller de mecanizado obteniendo sus tiempos promedios y el análisis de la curva de aprendizaje de los operadores involucrados en el proceso.

#### 4.1 Análisis de los factores que intervienen en el proceso productivo del taller.

Para realizar este análisis se utilizó el diagrama de Ishikawa que define la concurrencia de un evento o problema no deseable y después identifica que contribuye a su conformación (Niebel & Freivalds, 2014), a través de esta técnica se identificó los factores que intervienen en los procesos que se utilizan en el taller, y que pueden afectar con el desarrollo de las actividades diarias. Con este análisis se tomó en cuenta cuales son los factores que tienen una alta incidencia y que se puede mejorar con los recursos propios del taller.



**Figura 11:** Análisis del diagrama de Ishikawa en el taller

**Fuente:** Autor

A continuación se da una explicación de los elementos analizados a través del diagrama de Ishikawa.

#### **4.1.1 Mano de obra.**

En el factor de mano de obra se resolvió las siguientes causas puntuales:

- Poco personal en el taller: dentro de esta causa presenta que actualmente en el taller laboran dos personas para la realización de los trabajos y eso compromete el tiempo de entrega o no se abastece el personal para atender la demanda de piezas.
- Baja motivación: esta causa depende del factor económico que recibe el trabajador.
- Capacitación: dentro de toda actividad laboral es adecuado que los colaboradores reciban una capacitación con respecto a sus actividades diarias.

#### **4.1.2 Métodos**

En este punto tenemos las siguientes causas:

- Procedimientos: se evidencia que en el taller no existe un procedimiento o guía detallada para la realización de cada una de las piezas, es decir, una hoja de procesos.
- Prioridad en piezas: siendo el taller un sitio para la reparación de piezas, se llega al punto de dar prioridad a ciertos trabajos que requiera mantenimiento o de reemplazo de piezas dañadas en las diferentes máquinas para el proceso de producción.
- Tiempo de mecanizado: ya que no existe un proceso de trabajo, no se controla el tiempo que se necesita para el mecanizado de las piezas.

#### **4.1.3 Máquinas**

Surgieron las siguientes causas:

- Obsolescencia de los equipos: las máquinas-herramientas presentan obsolescencia la cual causada por la falta de inversión por parte de los encargados, para el reemplazo de estas.
- Mantenimiento: no existe una cronograma de mantenimiento de las máquinas-herramientas
- Capacidad de producción: la máquina tiene una baja producción de piezas mecanizadas.

#### 4.1.4 Material.

Se presentó las siguientes causas:

- Stock en materia prima: no se mantiene un stock disponible de material para realizar las piezas requeridas.
- Medidas no requeridas: en esta causa depende mucho del proveedor de materia prima ya que llega el material sobredimensionado, es decir, con las medidas que ellos tienen, más no las que se necesita.
- Retraso en llegada de material: el material que se pide para la realización de un trabajo no llega a tiempo después de realizar el pedido al proveedor.

#### 4.1.5 Mediciones

Se detallan las siguientes causas:

- Habilidad del operador: se muestra la destreza del operador para realizar las mediciones en cada trabajo y en qué momento hacerla, ya que realizando muchas mediciones, se pierde tiempo en el proceso de trabajo.
- Instrumentos de medición: no cuenta con los instrumentos adecuados o necesarios para realizar las mediciones correspondientes en el proceso de mecanizado.

#### 4.1.6 Medio ambiente

Se detallan las siguientes causas:

- Distancia de recorrido: la distancia que existe entre máquina y máquina o no hay una distribución adecuada de las mismas.
- Distancia de bodega: para la recepción de materia prima o insumos para la realización de un trabajo específico y la demora en el despacho de las mismas.
- Ventilación e iluminación: existe poca ventilación e iluminación dentro del taller.

En la tabla 7 se detallan los factores que intervienen en el proceso de análisis y las causas, donde se las clasifican como prioridades altas, bajas y media.

Las prioridades que se describen como altas: los métodos y las mediciones; se las considera de esta manera, porque son más viables para realizar una mejora involucrando al personal del taller y no se requiere de inversión económica, al contrario se puede ir mejorando con el proceso; en cambio las señaladas como media y

baja, en este caso las máquinas, mano de obra y medio ambiente, se necesita una inversión económica e involucran a la administración de la empresa.

**Tabla 7:** Prioridades obtenidas del análisis del diagrama de Ishikawa.

|                       | CAUSAS                    | DESCRIPCIÓN                            | PRIORIDAD    |
|-----------------------|---------------------------|----------------------------------------|--------------|
| <b>MÉTODOS</b>        | Procedimientos            | No existencia de hojas de procesos.    | <b>ALTA</b>  |
|                       | Prioridad                 | Prioridad de trabajos no requeridos.   | <b>ALTA</b>  |
|                       | Tiempo mecanizado de      | No se controla el tiempo estimado.     | <b>ALTA</b>  |
| <b>MEDICIONES</b>     | Habilidad operador de     | Tiempos / Destrezas                    | <b>ALTA</b>  |
|                       | Instrumentos medición de  | Desactualizada                         | <b>ALTA</b>  |
| <b>MÁQUINAS</b>       | Obsolescencia equipos de  | Equipos no actuales                    | <b>MEDIA</b> |
|                       | Mantenimiento             | No existencia de cronograma            | <b>MEDIA</b> |
|                       | Capacidad producción de   | No se abastece la producción de piezas | <b>MEDIA</b> |
| <b>MANO DE OBRA</b>   | Capacitación              | Recibir capacitación                   | <b>MEDIA</b> |
|                       | Baja motivación           | Factor económico                       | <b>MEDIA</b> |
|                       | Poco personal             | Personal disponible                    | <b>MEDIA</b> |
| <b>MEDIO AMBIENTE</b> | Distancia recorrido de    | Entre máquinas en taller               | <b>MEDIA</b> |
|                       | Distancia de bodega       | Recepción de materia prima             | <b>BAJA</b>  |
|                       | Ventilación iluminación e | Poca iluminación y ventilación         | <b>BAJA</b>  |

*Elaborado por: El autor*

A continuación se muestra los diagramas de proceso propuestos, en donde se realizó el análisis de los procedimientos y de los tiempos actuales de las piezas descritas anteriormente, para realizar las mejoras de los mismos, es decir, quitar procesos repetitivos que no aportan valor al proceso y la reducción de tiempos en el procedimiento de mecanizado de las piezas con esto logramos un óptimo mecanizado de las piezas.

## 4.2 Elaboración de los diagramas de procesos propuestos.

Esta herramienta es una representación gráfica de los pasos que se siguen en una secuencia de actividades que constituyen un proceso o un procedimiento identificándolos mediante símbolos de acuerdo a su naturaleza (García Criollo, 2005)

En el anterior capítulo se detalló los tiempos actuales que se requieren para el mecanizado de una pieza, ahora se muestra los diagramas de flujos de las diferentes piezas con las actividades y tiempos propuestos y se nota una reducción de tiempo de los mismos. Cada diagrama muestra el tiempo actual y el tiempo propuesto,

**Tabla 8:** Diagrama de proceso de mandril para fajillado de envases (propuesto)

| DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO    |           |            |            |        |            |               |                                            |                             |  |
|---------------------------------|-----------|------------|------------|--------|------------|---------------|--------------------------------------------|-----------------------------|--|
| RESUMEN                         | ACTUAL    |            | PRO PUESTO |        | DIFERENCIA |               | TAREA : Mandril para fajillado de envases. |                             |  |
|                                 | #         | Tiempo     | #          | Tiempo | #          | Tiempo        | PERSONAL : Tornoero/Fresador               |                             |  |
| ○ operaciones                   | 18        | 347        | 17         | 312    | 1          | 35            | MATERIAL : Derlin                          |                             |  |
| ⇒ transportes                   | 2         | 6          | 2          | 6      | 2          | 6             | El diagrama empieza:                       |                             |  |
| □ controles                     | 6         | 16         | 4          | 13     | 2          | 3             | El diagrama termina:                       |                             |  |
| ⌒ esperas                       |           |            |            |        |            |               | Diagramado por:                            |                             |  |
| ▽ almacén                       | 1         | 2          | 1          | 2      | 1          | 2             | Revisado por:                              |                             |  |
| Total                           | 27        | 371        | 24         | 333    |            |               |                                            |                             |  |
| Distancia recorrida en metros   |           |            |            |        |            |               |                                            |                             |  |
|                                 |           |            |            |        |            |               |                                            |                             |  |
| DETALLES DEL MÉTODO             | Operación | Transporte | Control    | Espera | Almacén    | Distancia (m) | Tiempo (min)                               | NOTA                        |  |
|                                 |           |            |            |        |            |               |                                            |                             |  |
| Retirar material de bodega      | ○         | ➡          | □          | ⌒      | ▽          |               | 5                                          | Bodega de suministros       |  |
| Cortar material                 | ●         | ⇒          | □          | ⌒      | ▽          |               | 5                                          |                             |  |
| Perforación de puntos centros   | ●         | ⇒          | □          | ⌒      | ▽          |               | 5                                          | En ambos lados del material |  |
| Mecanizar largo total de pieza  | ●         | ⇒          | □          | ⌒      | ▽          |               | 30                                         |                             |  |
| Mecanizado de diámetro exterior | ●         | ⇒          | □          | ⌒      | ▽          |               | 60                                         |                             |  |
| Verificación de medida final    | ○         | ⇒          | ■          | ⌒      | ▽          |               | 2                                          |                             |  |
| Mecanizar insertos de mandril   | ●         | ⇒          | □          | ⌒      | ▽          |               | 60                                         |                             |  |
| Llevar piezas a fresadora       | ○         | ➡          | □          | ⌒      | ▽          |               | 1                                          |                             |  |
| Montaje de divisor en máquina   | ●         | ⇒          | □          | ⌒      | ▽          |               | 5                                          |                             |  |
| Centrar pieza                   | ○         | ⇒          | ■          | ⌒      | ▽          |               | 5                                          |                             |  |
| Perforar agujeros               | ●         | ⇒          | □          | ⌒      | ▽          |               | 40                                         |                             |  |
| Mecanizar ranuras en pieza      | ●         | ⇒          | □          | ⌒      | ▽          |               | 40                                         |                             |  |
| Desmontaje de pieza             | ●         | ⇒          | □          | ⌒      | ▽          |               | 1                                          |                             |  |
| Montaje de inserto              | ●         | ⇒          | □          | ⌒      | ▽          |               | 2                                          |                             |  |
| Perforar agujeros en inserto 1  | ●         | ⇒          | □          | ⌒      | ▽          |               | 15                                         |                             |  |
| Mecanizar ranuras en inserto    | ●         | ⇒          | □          | ⌒      | ▽          |               | 15                                         |                             |  |
| Verificación de medidas         | ○         | ⇒          | ■          | ⌒      | ▽          |               | 2                                          |                             |  |
| Desmontaje de pieza             | ●         | ⇒          | □          | ⌒      | ▽          |               | 1                                          |                             |  |
| Montaje de inserto 2            | ●         | ⇒          | □          | ⌒      | ▽          |               | 2                                          |                             |  |
| Perforar agujeros en inserto 2  | ●         | ⇒          | □          | ⌒      | ▽          |               | 15                                         |                             |  |
| Mecanizar ranuras en inserto    | ●         | ⇒          | □          | ⌒      | ▽          |               | 15                                         |                             |  |
| Verificación de medidas         | ○         | ⇒          | ■          | ⌒      | ▽          |               | 2                                          |                             |  |
| Desmontaje de pieza             | ●         | ⇒          | □          | ⌒      | ▽          |               | 1                                          |                             |  |
| Entregar mandril mecanizado     | ○         | ⇒          | □          | ⌒      | ▼          |               | 2                                          | Asistente de proyectos      |  |

**Elaborado por:** El autor

**Nota:** Dentro de la propuesta en el proceso se eliminó los controles por verificación de medidas y el cilindrado de la pieza aumentando la velocidad de corte.

**Tabla 9:** Diagrama de procesos de camisa y fondo falso de envases (propuesto)

| DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO      |           |            |           |        |            |               |                                           |                        |
|-----------------------------------|-----------|------------|-----------|--------|------------|---------------|-------------------------------------------|------------------------|
| RESUMEN                           | ACTUAL    |            | PROPUESTO |        | DIFERENCIA |               | TAREA : Camisa y fondo falso para envases |                        |
|                                   | #         | Tiempo     | #         | Tiempo | #          | Tiempo        | PERSONAL : Tornero/Fresador               |                        |
| ○ operaciones                     | 27        | 346        | 23        | 322    | 4          | 24            | MATERIAL : Duraluminio                    |                        |
| ⇒ transportes                     | 4         | 8          | 4         | 8      |            |               | El diagrama empieza:                      |                        |
| □ controles                       | 10        | 27         | 7         | 17     | 3          | 10            | El diagrama termina:                      |                        |
| ⌒ esperas                         |           |            |           |        |            |               | Diagramado por:                           |                        |
| ▽ almacén                         | 1         | 2          | 1         | 2      |            |               | Revisado por:                             |                        |
| Total                             | 42        | 383        | 35        | 349    |            |               |                                           |                        |
| Distancia recorrida en metros     |           |            |           |        |            |               |                                           |                        |
|                                   |           |            |           |        |            |               |                                           |                        |
| DETALLES DEL MÉTODO               | Operación | Transporte | Control   | Espera | Almacén    | Distancia (m) | Tiempo (min)                              | NOTA                   |
|                                   |           |            |           |        |            |               |                                           |                        |
| Retirar material de bodega        | ○         | ⇒          | □         | ⌒      | ▽          |               | 5                                         | Bodega de suministros  |
| Montaje de pieza en máquina       | ●         | ⇒          | □         | ⌒      | ▽          |               | 3                                         |                        |
| Desbastar material                | ●         | ⇒          | □         | ⌒      | ▽          |               | 20                                        |                        |
| Perforar material                 | ●         | ⇒          | □         | ⌒      | ▽          |               | 15                                        |                        |
| Desbaste de material interior     | ●         | ⇒          | □         | ⌒      | ▽          |               | 30                                        |                        |
| Mecanizar diámetros exteriores    | ●         | ⇒          | □         | ⌒      | ▽          |               | 30                                        |                        |
| Mecanizar ranura                  | ●         | ⇒          | □         | ⌒      | ▽          |               | 10                                        |                        |
| Verificar medidas                 | ○         | ⇒          | ■         | ⌒      | ▽          |               | 2                                         |                        |
| Mecanizar diámetro interior       | ●         | ⇒          | □         | ⌒      | ▽          |               | 20                                        |                        |
| Verificar medidas                 | ○         | ⇒          | ■         | ⌒      | ▽          |               | 2                                         |                        |
| Desmontaje de pieza               | ●         | ⇒          | □         | ⌒      | ▽          |               | 2                                         |                        |
| Cambiar de posición pieza         | ●         | ⇒          | □         | ⌒      | ▽          |               | 3                                         |                        |
| Centrar pieza                     | ○         | ⇒          | ■         | ⌒      | ▽          |               | 5                                         |                        |
| Mecanizar diámetros interiores    | ●         | ⇒          | □         | ⌒      | ▽          |               | 30                                        |                        |
| Verificar medidas                 | ○         | ⇒          | ■         | ⌒      | ▽          |               | 2                                         |                        |
| Mecanizar ángulo interno          | ●         | ⇒          | □         | ⌒      | ▽          |               | 30                                        |                        |
| Verificar medidas                 | ○         | ⇒          | ■         | ⌒      | ▽          |               | 2                                         |                        |
| Desmontaje de pieza               | ●         | ⇒          | □         | ⌒      | ▽          |               | 2                                         |                        |
| Desbastar material de fondo falso | ●         | ⇒          | □         | ⌒      | ▽          |               | 20                                        |                        |
| Perforar material                 | ●         | ⇒          | □         | ⌒      | ▽          |               | 5                                         |                        |
| Mecanizar diámetros exteriores    | ●         | ⇒          | □         | ⌒      | ▽          |               | 25                                        |                        |
| Verificar medidas                 | ○         | ⇒          | ■         | ⌒      | ▽          |               | 2                                         |                        |
| Desmontaje de pieza               | ●         | ⇒          | □         | ⌒      | ▽          |               | 2                                         |                        |
| Llevar pieza a mesa de trabajo    | ○         | ⇒          | □         | ⌒      | ▽          |               | 1                                         |                        |
| Pasar machuelo en pieza           | ●         | ⇒          | □         | ⌒      | ▽          |               | 5                                         |                        |
| Llevar pieza a torno              | ○         | ⇒          | □         | ⌒      | ▽          |               | 1                                         |                        |
| Centrar pieza en chuck            | ●         | ⇒          | □         | ⌒      | ▽          |               | 3                                         |                        |
| Mecanizar diámetros               | ●         | ⇒          | □         | ⌒      | ▽          |               | 10                                        |                        |
| Verificar medidas                 | ○         | ⇒          | ■         | ⌒      | ▽          |               | 2                                         |                        |
| Mecanizar ángulo externo          | ●         | ⇒          | □         | ⌒      | ▽          |               | 10                                        |                        |
| Desmontaje de pieza               | ●         | ⇒          | □         | ⌒      | ▽          |               | 2                                         |                        |
| Llevar piezas a fresadora         | ○         | ⇒          | □         | ⌒      | ▽          |               | 1                                         |                        |
| Montaje de divisor                | ●         | ⇒          | □         | ⌒      | ▽          |               | 5                                         |                        |
| Perforar piezas para vacío        | ●         | ⇒          | □         | ⌒      | ▽          |               | 40                                        |                        |
| Entregar piezas mecanizadas       | ○         | ⇒          | □         | ⌒      | ▼          |               | 2                                         | Asistente de proyectos |

**Elaborado por:** El autor

**Nota:** En la propuesta en el proceso de mecanizado de camisas y fondos falsos se logró eliminar tiempo en cambio de cabezal del torno, es decir, utilizar el choque de cuatro muelas y evitamos el desmontaje y montaje del mismo y se logró eliminar pasos en la verificación de medidas que retrasan la actividad del mecanizado.







**Tabla 12:** Diagrama de procesos de formador de tapa (propuesto)

| DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO        |           |            |           |        |            |               |                           |
|-------------------------------------|-----------|------------|-----------|--------|------------|---------------|---------------------------|
| RESUMEN                             | ACTUAL    |            | PROPUESTO |        | DIFERENCIA |               | TAREA : Formador de tapa  |
|                                     | #         | Tiempo     | #         | Tiempo | #          | Tiempo        | PERSONAL : Torno/Fresador |
| ○ operaciones                       | 18        | 207        | 17        | 177    | 1          | 30            | MATERIAL : Duraluminio    |
| ⇒ transportes                       | 3         | 7          | 3         | 7      |            |               | El diagrama empieza:      |
| □ controles                         | 6         | 15         | 4         | 11     | 2          | 4             | El diagrama termina:      |
| ⌒ esperas                           |           |            |           |        |            |               | Diagramado por:           |
| ▽ almacén                           | 1         | 2          | 1         | 2      |            |               | Revisado por:             |
|                                     | 28        | 231        | 25        | 197    |            |               |                           |
| Distancia recorrida en metros       |           |            |           |        |            |               |                           |
| DETALLES DEL MÉTODO                 |           |            |           |        |            |               |                           |
|                                     | Operación | Transporte | Control   | Espera | Almacén    | Distancia (m) | Tiempo (min)              |
| Retirar material de bodega          | ○         | ⇒          | □         | ⌒      | ▽          |               | 5                         |
| Montaje de material                 | ●         | ⇒          | □         | ⌒      | ▽          |               | 2                         |
| Desbastar material                  | ●         | ⇒          | □         | ⌒      | ▽          |               | 20                        |
| Mecanizar diámetros exteriores      | ●         | ⇒          | □         | ⌒      | ▽          |               | 20                        |
| Verificar medidas                   | ○         | ⇒          | ■         | ⌒      | ▽          |               | 2                         |
| Mecanizar diámetro interior         | ●         | ⇒          | □         | ⌒      | ▽          |               | 15                        |
| Verificar medidas                   | ○         | ⇒          | ■         | ⌒      | ▽          |               | 2                         |
| Desmontaje de material              | ●         | ⇒          | □         | ⌒      | ▽          |               | 2                         |
| Montaje de material                 | ●         | ⇒          | □         | ⌒      | ▽          |               | 2                         |
| Refrentar pieza                     | ●         | ⇒          | □         | ⌒      | ▽          |               | 20                        |
| Desmontaje de material              | ●         | ⇒          | □         | ⌒      | ▽          |               | 2                         |
| Llevar pieza a fresadora            | ○         | ⇒          | □         | ⌒      | ▽          |               | 1                         |
| Montaje de divisor                  | ●         | ⇒          | □         | ⌒      | ▽          |               | 5                         |
| Mecanizar perforaciones             | ●         | ⇒          | □         | ⌒      | ▽          |               | 15                        |
| Pasar machuelo en agujeros          | ●         | ⇒          | □         | ⌒      | ▽          |               | 10                        |
| Fresar cavidad /circulación de agua | ●         | ⇒          | □         | ⌒      | ▽          |               | 25                        |
| Desmontaje de pieza                 | ●         | ⇒          | □         | ⌒      | ▽          |               | 2                         |
| Llevar pieza a torno                | ○         | ⇒          | □         | ⌒      | ▽          |               | 1                         |
| Montaje de pieza                    | ●         | ⇒          | □         | ⌒      | ▽          |               | 2                         |
| Centrar pieza                       | ○         | ⇒          | ■         | ⌒      | ▽          |               | 5                         |
| Mecanizar diámetro exterior         | ●         | ⇒          | □         | ⌒      | ▽          |               | 15                        |
| Mecanizar ángulos en pieza          | ●         | ⇒          | □         | ⌒      | ▽          |               | 15                        |
| Verificar medidas                   | ○         | ⇒          | ■         | ⌒      | ▽          |               | 2                         |
| Pulir formador                      | ●         | ⇒          | □         | ⌒      | ▽          |               | 5                         |
| Entregar formador mecanizado        | ○         | ⇒          | □         | ⌒      | ▽          |               | 2                         |
|                                     | ○         | ⇒          | □         | ⌒      | ▽          |               |                           |
|                                     | ○         | ⇒          | □         | ⌒      | ▽          |               |                           |
|                                     | ○         | ⇒          | □         | ⌒      | ▽          |               |                           |
|                                     | ○         | ⇒          | □         | ⌒      | ▽          |               |                           |
|                                     | ○         | ⇒          | □         | ⌒      | ▽          |               |                           |
|                                     | ○         | ⇒          | □         | ⌒      | ▽          |               |                           |
|                                     | ○         | ⇒          | □         | ⌒      | ▽          |               |                           |
|                                     | ○         | ⇒          | □         | ⌒      | ▽          |               |                           |
|                                     | ○         | ⇒          | □         | ⌒      | ▽          |               |                           |

**Elaborado por:** El autor

**Nota:** En el formador de tapa se redujo las operaciones de mecanizado que se empleó, es decir, se aumentó la velocidad de corte de la máquina para reducir el tiempo de trabajo y las verificaciones de medidas ya que estas operaciones atrasaba el proceso de mecanizado

### 4.3 Análisis de la curva de aprendizaje.

Sobre la curva de aprendizaje se dice que es la línea que muestra la relación entre el tiempo de producción de una unidad y el número acumulado de unidades producidas, en el caso de la manufactura se utiliza para calcular el tiempo que lleva el diseño y la elaboración de un producto, así como sus costos (Chase , Jacobs, & Aquilano, 2010), las curvas de aprendizajes dependen de los procedimientos realizados en un periodo específico. (Latiff, 2005, págs. 15,17)

Luego de haber realizado los diagramas de proceso de cada una de las piezas mecanizadas que se elaboran dentro del taller, se procedió a realizar el análisis de la curva de aprendizaje al operador, para tener el porcentaje de desenvolvimiento o capacidad de trabajo, desde la primera pieza y las siguientes y a su vez notar como el operador adquiere la destreza para el mecanizado de las mismas.

Para realizar el análisis para la curva de aprendizaje se tomaron los valores correspondientes del tiempo de mecanizado actual y el propuesto para determinar el desenvolvimiento del operador durante el trabajo de elaboración de una unidad.

Ejemplo 1:

En el taller se mecaniza los empujadores para envases, en un tiempo promedio de 172 minutos, si el tiempo de mecanizado de la segunda pieza es de 129 minutos, ¿qué parámetro de aprendizaje porcentual tiene el operador?

$$T_1 = 172$$

$$T_2 = 129$$

$$p\% = ?$$

$$T_2 = T_1 * 2^{(\log_2 * p)}$$

$$129 = 172 * 2^{(\log_2 * p)}$$

$$\log_2 \frac{129}{172} = \log_2 2^{(\log_2 * p)}$$

$$\log_2 \frac{129}{172} = (\log_2 * p) (\log_2 2)$$

$$\log_2 * p = \frac{\log_2 * p \left(\frac{129}{172}\right)}{\log_2 * 2} = -0.4150$$

$$\log_2 * p = -0.4150$$

$$p = 2^{-0.4150}$$

$$p = 0.75 = 75\%$$

Resolviendo la ecuación no dio por resultado un 75% de aprendizaje del operador, entre la primera pieza y la segunda pieza, teniendo este porcentaje resolveremos la ecuación de la curva de aprendizaje y el tiempo promedio que se estimara hasta la octava pieza que es el total de unidades que se requiere entregar.

$$Y_x = Kx^n$$

Donde;

$$K = 172 \text{ minutos}$$

$$x = 8$$

$$n = \log_2 p$$

$$Y_8 = 172 (8)^n$$

$$Y_8 = 172 (8)^{\log 0.75 / \log 2}$$

$$Y_8 = 172 (8)^{-0.4150}$$

$$Y_8 = 172 / (8)^{0.4150}$$

$$Y_8 = 72.57 \text{ minutos.}$$

Para fabricar la octava unidad del empujador el promedio de tiempo es de 72.58 minutos.

Otra forma de calcular este valor para hallar el tiempo promedio de mecanizado, se debe utilizar la tabla de valores de unidades (ver anexo 3), donde se indica la cantidad de piezas a fabricar y el porcentaje de aprendizaje, dicho valor se multiplica por el tiempo de la primera pieza y su resultado será el mismo que el ejercicio anterior, es decir;

$$172 * 0.4219 = 72.566 \text{ minutos}$$

**A.4** Curvas de mejora: tabla de valores de unidades

| UNIDAD | FACTOR DE MEJORA DE UNIDADES |        |        |        |        |        |        |        |
|--------|------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|        | 60%                          | 65%    | 70%    | 75%    | 80%    | 85%    | 90%    | 95%    |
| 1      | 1.0000                       | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 2      | .6000                        | .6500  | .7000  | .7500  | .8000  | .8500  | .9000  | .9500  |
| 3      | .4450                        | .5052  | .5682  | .6338  | .7021  | .7729  | .8462  | .9219  |
| 4      | .3600                        | .4225  | .4900  | .5625  | .6400  | .7225  | .8100  | .9025  |
| 5      | .3054                        | .3678  | .4368  | .5127  | .5956  | .6857  | .7830  | .8877  |
| 6      | .2670                        | .3284  | .3977  | .4754  | .5617  | .6570  | .7616  | .8758  |
| 7      | .2383                        | .2984  | .3674  | .4459  | .5345  | .6337  | .7439  | .8659  |
| 8      | .2160                        | .2746  | .3430  | .4219  | .5120  | .6141  | .7290  | .8574  |
| 9      | .1980                        | .2552  | .3228  | .4017  | .4930  | .5974  | .7161  | .8499  |
| 10     | .1832                        | .2391  | .3058  | .3846  | .4765  | .5828  | .7047  | .8433  |
| 12     | .1602                        | .2135  | .2784  | .3565  | .4493  | .5584  | .6854  | .8320  |
| 14     | .1430                        | .1940  | .2572  | .3344  | .4276  | .5386  | .6696  | .8226  |
| 16     | .1290                        | .1785  | .2401  | .3164  | .4096  | .5220  | .6561  | .8145  |
| 18     | .1188                        | .1659  | .2260  | .3013  | .3944  | .5078  | .6445  | .8074  |
| 20     | .1099                        | .1554  | .2141  | .2884  | .3812  | .4954  | .6342  | .8012  |
| 22     | .1025                        | .1465  | .2038  | .2772  | .3697  | .4844  | .6251  | .7955  |
| 24     | .0961                        | .1387  | .1949  | .2674  | .3595  | .4747  | .6169  | .7904  |
| 25     | .0933                        | .1353  | .1908  | .2629  | .3548  | .4701  | .6131  | .7880  |
| 30     | .0815                        | .1208  | .1737  | .2437  | .3346  | .4505  | .5963  | .7775  |

**Figura 12:** Tabla de valor de unidades

**Fuente:** “Administración de operaciones: Producción y cadena de suministros” por R. Chase, R. Jacobs, N. Aquilano.

En la siguiente tabla se detalla los requerimientos de piezas y la cantidad de las mismas que se produjeron en el taller de mecanizado durante dos meses, donde se indica los valores obtenidos realizando la medición de tiempos y procedimientos en el diagrama de flujo el actual y el propuesto, con dichos valores calcular el porcentaje de aprendizaje y destreza entre piezas mecanizadas y el tiempo promedio que necesita el operador para realizar dicho trabajo.

**Tabla 13:** Resultados de tiempos y cálculo con respecto a la tabla de valores de unidades

| Nombre de pieza      | Cantidad | Tiempo actual (min) | Tiempo propuesto (min) | % aprendizaje | Cálculo de tiempo final (minutos) |
|----------------------|----------|---------------------|------------------------|---------------|-----------------------------------|
| Mandril de fajillado | 1        | 371                 | 333                    | 89 %          | 371                               |
| Camisa y fondo falso | 5        | 383                 | 349                    | 91 %          | 307.7                             |
| Empujador            | 8        | 172                 | 129                    | 75 %          | 72.5                              |
| Mandril de impresión | 6        | 205                 | 181                    | 88 %          | 147.4                             |
| Formador de tapa     | 3        | 231                 | 197                    | 85 %          | 178.5                             |

**Elaborado por:** El autor

#### 4.4 Medición de la productividad.

La única forma en que un negocio o empresa pueda crecer e incrementar sus ganancias es mediante el aumento de su productividad, la mejora en la productividad se refiere al aumento en la cantidad de la producción por hora de trabajo invertida. Las herramientas fundamentales que generen una mejora en la productividad incluyen métodos, estudio de tiempo estándares (a menudo conocidos como medición del trabajo) y el diseño del trabajo. (Niebel & Freivalds, 2014)

Para realizar la medición de la productividad dentro del taller se hace referencia al historial de las piezas mecanizadas realizando un flujo de procesos y medición de tiempo para la realización de cada pieza, con esos resultados preliminares se hizo un estudio a cada hoja de proceso para eliminar procesos llegan a ser repetitivos o no aportan al mecanizado de las piezas, al contrario influyen en el atraso del proceso.

Los trabajos que se realizan dentro del taller no son repetitivos, el procedimiento se realiza por medio de órdenes de trabajo de producción de diferentes elementos que se asemejan pero cambian en medidas generales.

Para obtener el resultado de la productividad se realizó el cálculo total del tiempo empleado por la cantidad de piezas mecanizadas y como resultado los índices de productividad en el periodo de tiempo que se realizó el estudio del presente proyecto.

Un incremento de la productividad no ocurre por sí solo, sino que son los directivos dedicados y competentes los que lo provocan, y lo logran mediante la fijación de metas, la remoción de los obstáculos que se oponen al cumplimiento de éstas. (García Criollo, 2005)

Realizando el cálculo de la productividad con los tiempos y número de piezas durante el periodo de estudio se determinó lo siguiente:

$$Productividad = \frac{Unidades\ producidas}{Tiempo\ total}$$

Cálculo de productividad actual con la cantidad total de piezas mecanizadas (23 unidades) sobre el tiempo estimado de producción de las piezas descritas:

**Tabla 14:** Resultados de tiempos en horas actuales.

| Nombre de pieza      | Cantidad (Uds.) | Tiempo actual (min.) | Tiempo actual total (min.) |
|----------------------|-----------------|----------------------|----------------------------|
| Mandril de fajillado | 1               | 371                  | 371                        |
| Camisa y fondo falso | 5               | 383                  | 1915                       |
| Empujador            | 8               | 172                  | 1376                       |
| Mandril de impresión | 6               | 205                  | 1230                       |
| Formador de tapa     | 3               | 231                  | 693                        |
| Total horas          |                 | 22.7                 | 93.0                       |

$$Productividad\ actual = \frac{23\ unidades}{93.0\ horas} = 0.24$$

Cálculo de productividad propuesto con la cantidad total de piezas mecanizadas (23 unidades) sobre el tiempo de producción de piezas:

**Tabla 15:** Resultados de tiempos en horas propuestos.

| Nombre de pieza      | Cantidad (Uds.) | Tiempo actual (min.) | Tiempo actual total (min.) |
|----------------------|-----------------|----------------------|----------------------------|
| Mandril de fajillado | 1               | 333                  | 333                        |
| Camisa y fondo falso | 5               | 349                  | 1745                       |
| Empujador            | 8               | 129                  | 1032                       |
| Mandril de impresión | 6               | 181                  | 1086                       |
| Formador de tapa     | 3               | 197                  | 591                        |
| Total horas          |                 | 19.8                 | 79.8                       |

$$Productividad\ propuesta = \frac{23\ unidades}{79.8\ horas} = 0.288$$

En las operaciones anteriores se toman en cuenta los valores del tiempo actual realizado en el estudio del proyecto, y el valor del tiempo propuesto en los diagramas de procedimientos.

Con los valores obtenidos observamos que con la disminución de tiempo empleado en la producción de piezas se muestra un aumento de la productividad en el proceso de mecanizado de piezas dentro del taller de mecanizado.

Realizando la diferencia de los valores de la productividad actual y la propuesta tenemos:

$$0.28 - 0.24 = 0.04 \rightarrow 4\%$$

Lo que equivale a un aumento significativo del 4% en la productividad entre los resultados de los tiempos actuales y propuestos.

Con el cálculo del porcentaje del aumento de la productividad también se puede detallar una disminución en el valor de la mano de obra, es decir; teniendo en cuenta que en el taller laboran dos personas y que sumado sus ingresos tienen un valor de \$1100 mensuales se tiene los siguientes cálculos:

$$\$1100 / 160 \text{ h-h} = \$ 6.56 \text{ h-h (valor de hora – hombre).}$$

Con el valor de \$ 6.56 h-h se calcula con el tiempo actual de mecanizado:

$$\$ 6.56 \text{ h-h} * 93 \text{ h} = \$ 610.08 \text{ (valor tiempo actual).}$$

Con el valor de \$ 6.56 h-h se calcula con el tiempo propuesto de mecanizado:

$$\$ 6.56 \text{ h-h} * 79.8 \text{ h} = \$ 523.48 \text{ (valor tiempo propuesto).}$$

Teniendo los valores resultantes de \$ 610.08 (tiempo actual) y \$ 523.48 (tiempo propuesto), la diferencia es de \$ 86.6 que representa una disminución del 14% en el costo de mano de obra.



## CONCLUSIONES

Realizado el análisis del diagrama de Ishikawa se concluye que los factores de más énfasis o de más importancia que afecten en la productividad del taller son la mano de obra, los métodos de producción y la maquinaria, que queda en consideración de las autoridades de la empresa tengan en cuenta este análisis para la mejora del taller.

Durante el diagnóstico inicial se realizó el estudio de los métodos utilizados en el proceso, fue factible una mejora en los procesos de cada una de las piezas mecanizadas concluyendo que cada pieza debe tener una hoja de registro de proceso, donde se detalle los movimientos de trabajo y el tiempo promedio de cada pieza.

Analizado la teoría de aprendizaje de los operarios y el tiempo que necesita trabajar una pieza y la destreza para hacerlo, se considera que se reduce los tiempos empleados en dichas piezas llegando a realizar un aumento de la productividad e involucrando al personal para que pueda desarrollar o desempeñar mejor su trabajo.

Con respecto al análisis de la productividad referente a los tiempos actuales medidos en el diagrama de proceso y a los tiempos propuestos, se tiene en cuenta que los tiempos pueden reducir mediante la habilidad del operario y a su vez a la reducción significativa en el costo de mano de obra.

## **RECOMENDACIONES**

- Realizar un registro de las piezas elaboradas en el taller donde se detalle la cantidad de unidades, tipo de material, tiempo de mecanizado y el proceso.
- Realizar capacitaciones a los operadores de las máquinas-herramientas.
- Actualizar los equipos de trabajo o incrementar la cantidad de máquinas para realizar los trabajos, a su vez incrementar el número de operadores del taller.

## BIBLIOGRAFÍA

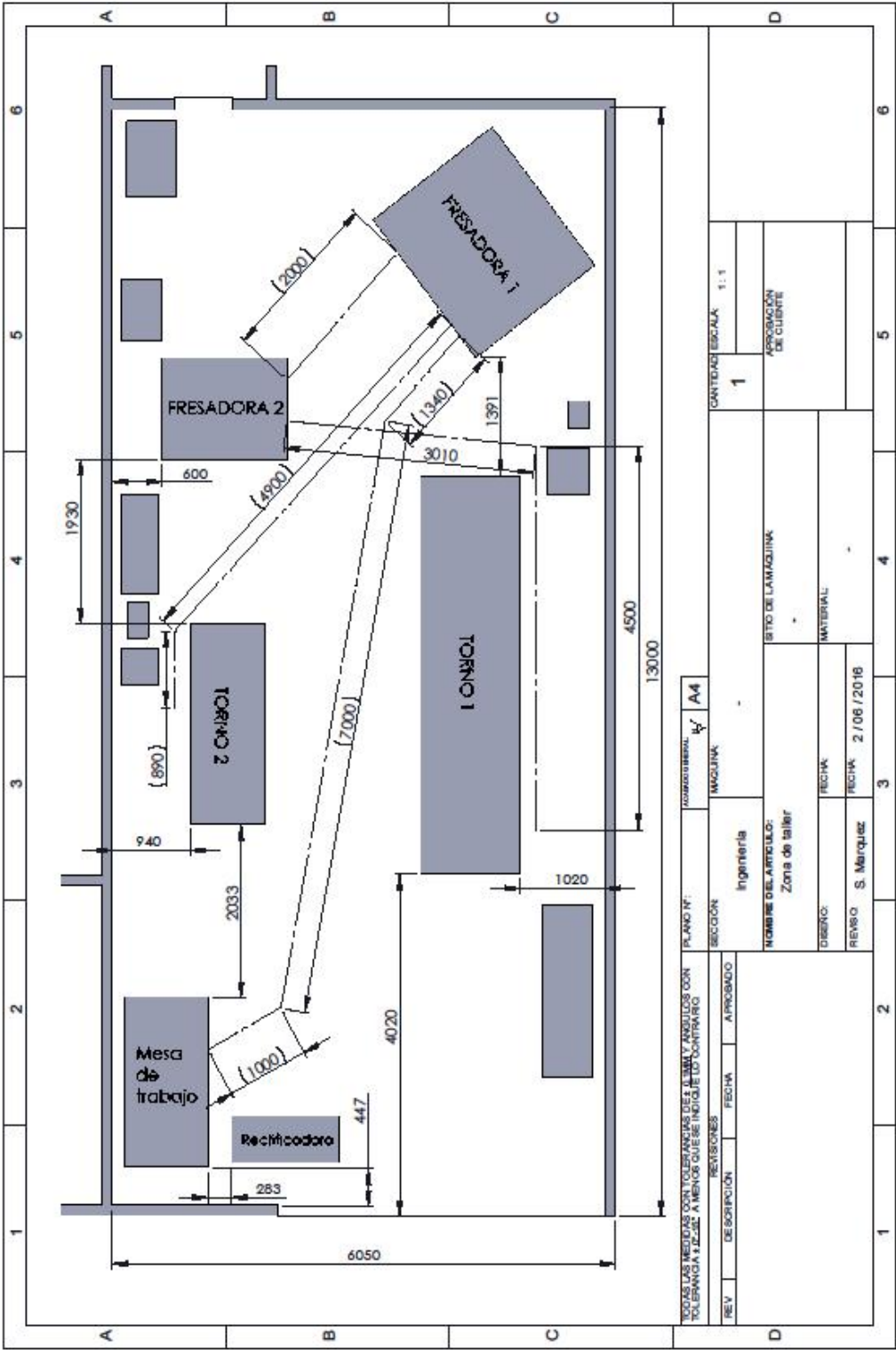
- Arbós, L. C. (2011). *Organización de la producción y dirección de operaciones*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos, S.A.
- (Centro Virtual de Aprendizaje: Accion Consultores, s.f.)
- Baca U., G., Cruz V., M., Cristóbal V., M. A., Baca C., G., Gutiérrez M., J. C., Pacheco E., A. A., . . . Obregón S., M. G. (2013). *Introducción a la Ingeniería Industrial*. México: Grupo Editorial Patria.
- Cabrero Armijo, J. M. (2012). *Proceso de mecanización por arranque de viruta*. IC Editorial.
- Chase , R., Jacobs, F. R., & Aquilano, N. (2010). *Administracion de Operaciones*. México: McGraw Hill.
- Cruelles Ruíz, J. (2012). *Mejora de métodos y tiempos de fabricación*. Barcelona: Marcombo S.A.
- Cruelles Ruíz, J. (2012). *Productividad e incentivos: como hacer que los tiempos de fabricación se cumplan*. Barcelona: Marcombo, S.A.
- Cruelles Ruíz, J. (2012). *Productividad en las tareas administrativas: ¿Por qué nunca nos da tiempo?* Barcelona: Marcombo.
- Cuatrecasas , L. (2010). *Gestión integral de la calidad* . Barcelona: Profit Editorial.
- Cuatrecasas Arbós , L. (2011). *Organizacion de la produccion y direccion de operaciones*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos S.A.
- Fernández García , R. (2013). *La mejora de la productividad en la pequeña y mediana empresa*. Alicante : Editorial Club Universitario.
- García Criollo, R. (2005). *Estudio del trabajo: Ineniería de métodos y medición del trabajo*. México: McGraw Hill.
- Gil Estallo, M. d. (2010). *Como crear y funcionar una empresa*. Madrid: ESIC Editorial.
- Gonzalez Gaya , C., Domingo Navas , R., & Sebastián Pérez, M. Á. (2013). *Tecnicas de mejora de la calidad*. Madrid: Universidad Nacional de Educación a Distancia.
- Gutiérrez Pulido, H. (2010). *Calidad Total y Productividad*. México: McGraw Hill.
- Gutiérrez, H. (2010). *Calidad Total y Productividad*. México.
- Niebel , B. W., & Freivalds, A. (2014). *Ingeniería Industrial: Métodos, Estándares y Diseño del Trabajo*. México: McGraw Hill.
- Palomo Vadillo , M. T. (2010). *Lidrazgo y motivación de equipos de trabajo*. Madrid: ESIC Editorial.

*Poligrup Grupo Industrial*. (sf). Obtenido de <http://www.poligrup.ec/>

Soret Los Santos, I. (2009). *Logística y operaciones en la empresa*. Madrid: ESIC Editorial.

ANEXOS

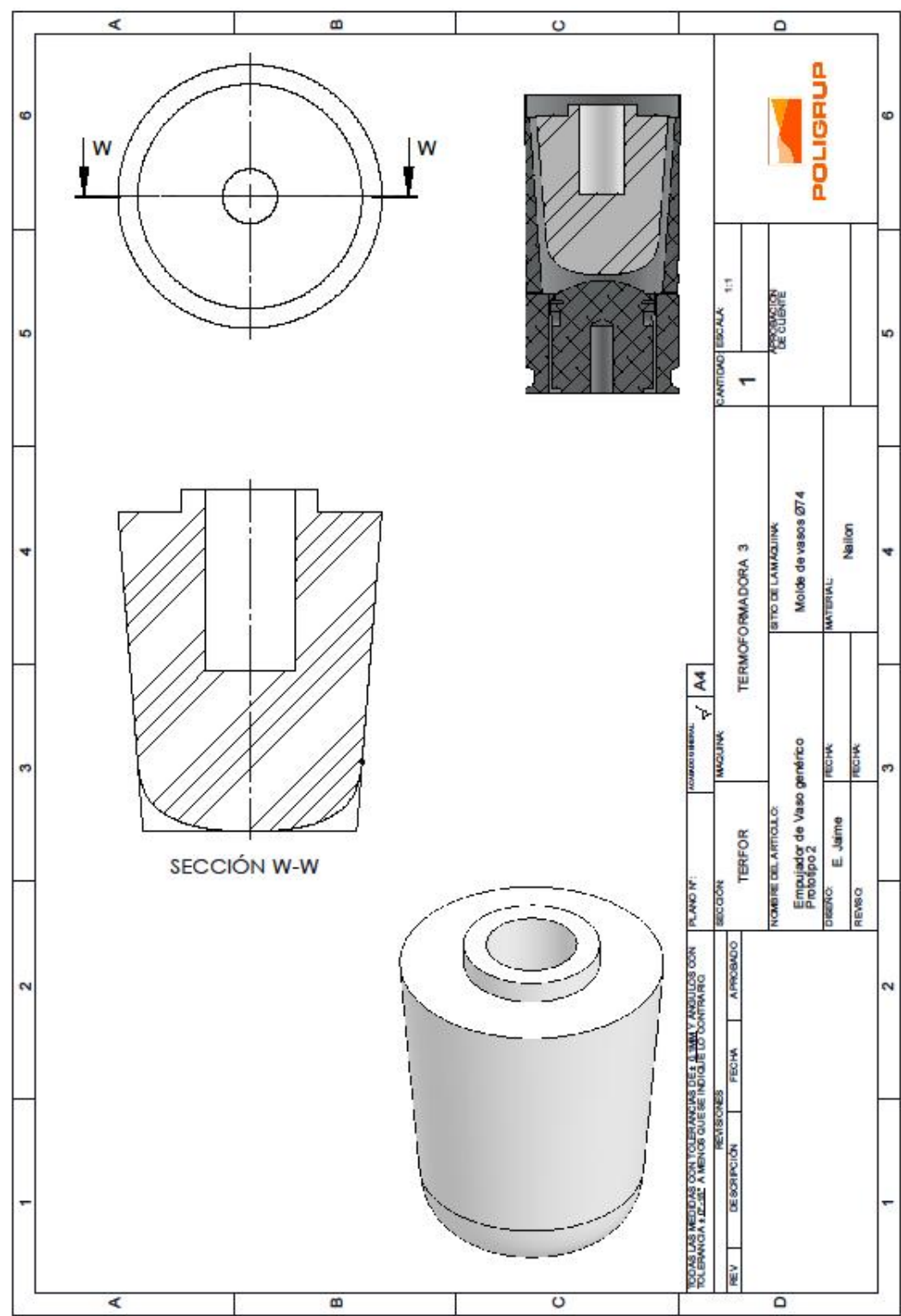
Anexo 1. Plano de taller





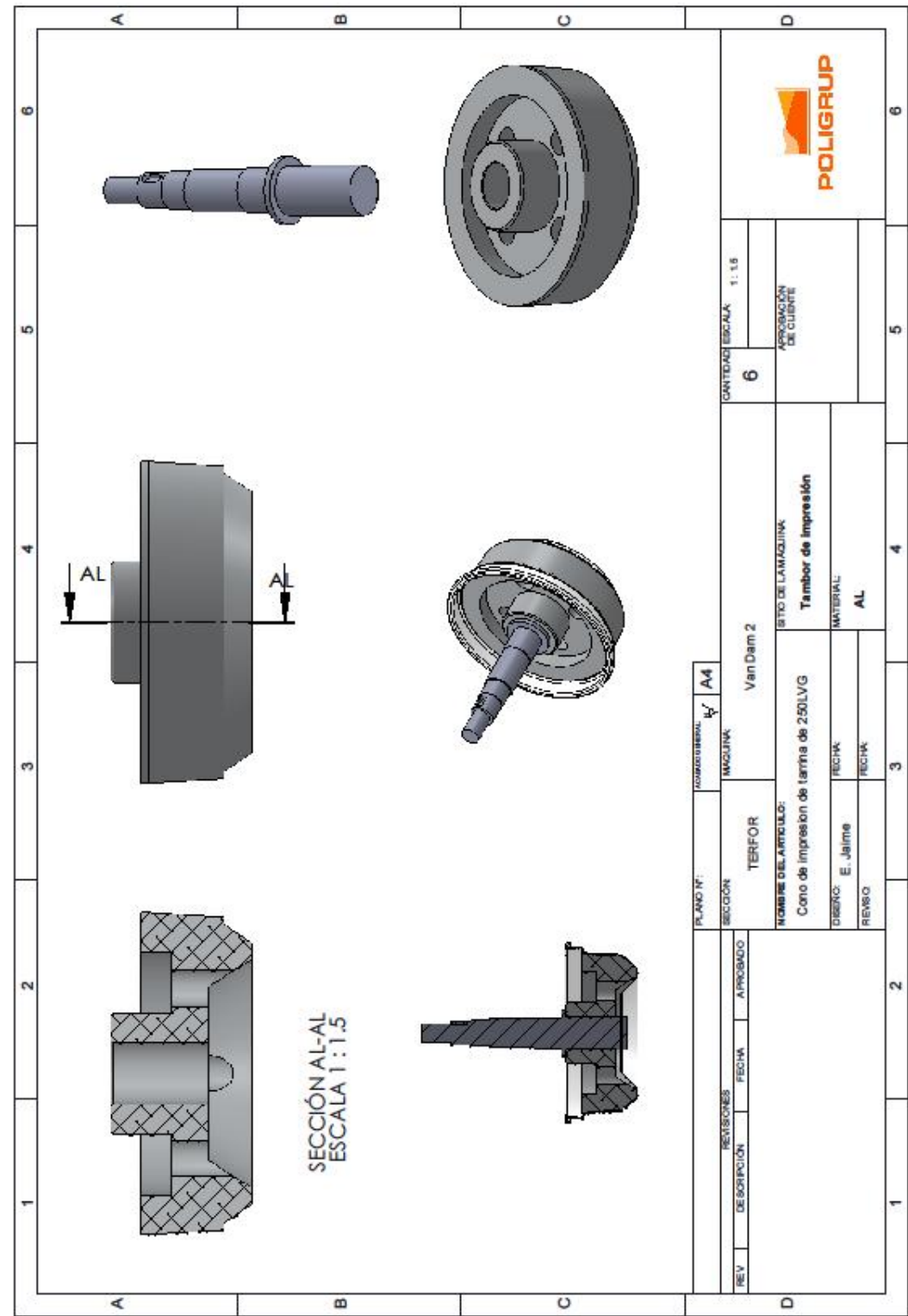


• Empujador de envases





- Mandril de impresión.





## Anexo 3. Tabla de factor de mejoras

| UNIDAD | FACTOR DE MEJORA DE UNIDADES |        |        |        |        |        |        |        |
|--------|------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|        | 60%                          | 65%    | 70%    | 75%    | 80%    | 85%    | 90%    | 95%    |
| 1      | 1.0000                       | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 2      | .6000                        | .6500  | .7000  | .7500  | .8000  | .8500  | .9000  | .9500  |
| 3      | .4450                        | .5052  | .5682  | .6338  | .7021  | .7729  | .8462  | .9219  |
| 4      | .3600                        | .4225  | .4900  | .5625  | .6400  | .7225  | .8100  | .9025  |
| 5      | .3054                        | .3678  | .4368  | .5127  | .5956  | .6857  | .7830  | .8877  |
| 6      | .2670                        | .3284  | .3977  | .4754  | .5617  | .6570  | .7616  | .8758  |
| 7      | .2383                        | .2984  | .3674  | .4459  | .5345  | .6337  | .7439  | .8659  |
| 8      | .2160                        | .2746  | .3430  | .4219  | .5120  | .6141  | .7290  | .8574  |
| 9      | .1980                        | .2552  | .3228  | .4017  | .4930  | .5974  | .7161  | .8499  |
| 10     | .1832                        | .2391  | .3058  | .3846  | .4765  | .5828  | .7047  | .8433  |
| 12     | .1602                        | .2135  | .2784  | .3565  | .4493  | .5584  | .6854  | .8320  |
| 14     | .1430                        | .1940  | .2572  | .3344  | .4276  | .5386  | .6696  | .8226  |
| 16     | .1290                        | .1785  | .2401  | .3164  | .4096  | .5220  | .6561  | .8145  |
| 18     | .1188                        | .1659  | .2260  | .3013  | .3944  | .5078  | .6445  | .8074  |
| 20     | .1099                        | .1554  | .2141  | .2884  | .3812  | .4954  | .6342  | .8012  |
| 22     | .1025                        | .1465  | .2038  | .2772  | .3697  | .4844  | .6251  | .7955  |
| 24     | .0961                        | .1387  | .1949  | .2674  | .3595  | .4747  | .6169  | .7904  |
| 25     | .0933                        | .1353  | .1908  | .2629  | .3548  | .4701  | .6131  | .7880  |
| 30     | .0815                        | .1208  | .1737  | .2437  | .3346  | .4505  | .5963  | .7775  |
| 35     | .0728                        | .1097  | .1605  | .2286  | .3184  | .4345  | .5825  | .7687  |
| 40     | .0660                        | .1010  | .1498  | .2163  | .3050  | .4211  | .5708  | .7611  |
| 45     | .0605                        | .0939  | .1410  | .2060  | .2936  | .4096  | .5607  | .7545  |
| 50     | .0560                        | .0879  | .1336  | .1972  | .2838  | .3996  | .5518  | .7486  |
| 60     | .0489                        | .0785  | .1216  | .1828  | .2676  | .3829  | .5367  | .7386  |
| 70     | .0437                        | .0713  | .1123  | .1715  | .2547  | .3693  | .5243  | .7302  |
| 80     | .0396                        | .0657  | .1049  | .1622  | .2440  | .3579  | .5137  | .7231  |
| 90     | .0363                        | .0610  | .0987  | .1545  | .2349  | .3482  | .5046  | .7168  |
| 100    | .0336                        | .0572  | .0935  | .1479  | .2271  | .3397  | .4966  | .7112  |
| 120    | .0294                        | .0510  | .0851  | .1371  | .2141  | .3255  | .4830  | .7017  |
| 140    | .0262                        | .0464  | .0786  | .1287  | .2038  | .3139  | .4718  | .6937  |
| 160    | .0237                        | .0427  | .0734  | .1217  | .1952  | .3042  | .4623  | .6869  |
| 180    | .0218                        | .0397  | .0691  | .1159  | .1879  | .2959  | .4541  | .6809  |
| 200    | .0201                        | .0371  | .0655  | .1109  | .1816  | .2887  | .4469  | .6757  |
| 250    | .0171                        | .0323  | .0584  | .1011  | .1691  | .2740  | .4320  | .6646  |
| 300    | .0149                        | .0289  | .0531  | .0937  | .1594  | .2625  | .4202  | .6557  |
| 350    | .0133                        | .0262  | .0491  | .0879  | .1517  | .2532  | .4105  | .6482  |
| 400    | .0121                        | .0241  | .0458  | .0832  | .1453  | .2454  | .4022  | .6419  |
| 450    | .0111                        | .0224  | .0431  | .0792  | .1399  | .2387  | .3951  | .6363  |
| 500    | .0103                        | .0210  | .0408  | .0758  | .1352  | .2329  | .3888  | .6314  |
| 600    | .0090                        | .0188  | .0372  | .0703  | .1275  | .2232  | .3782  | .6229  |
| 700    | .0080                        | .0171  | .0344  | .0659  | .1214  | .2152  | .3694  | .6158  |
| 800    | .0073                        | .0157  | .0321  | .0624  | .1163  | .2086  | .3620  | .6098  |
| 900    | .0067                        | .0146  | .0302  | .0594  | .1119  | .2029  | .3556  | .6045  |
| 1 000  | .0062                        | .0137  | .0286  | .0569  | .1082  | .1980  | .3499  | .5998  |
| 1 200  | .0054                        | .0122  | .0260  | .0527  | .1020  | .1897  | .3404  | .5918  |
| 1 400  | .0048                        | .0111  | .0240  | .0495  | .0971  | .1830  | .3325  | .5850  |
| 1 600  | .0044                        | .0102  | .0225  | .0468  | .0930  | .1773  | .3258  | .5793  |
| 1 800  | .0040                        | .0095  | .0211  | .0446  | .0895  | .1725  | .3200  | .5743  |
| 2 000  | .0037                        | .0089  | .0200  | .0427  | .0866  | .1683  | .3149  | .5698  |
| 2 500  | .0031                        | .0077  | .0178  | .0389  | .0806  | .1597  | .3044  | .5605  |
| 3 000  | .0027                        | .0069  | .0162  | .0360  | .0760  | .1530  | .2961  | .5530  |

