

**UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**



**DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO EN EL ÁREA DE CORTE  
DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE SACOS DE POLIPROPILENO  
PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD DE LA EMPRESA PERUSAC  
E.I.R.L**

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

**AUTOR  
JAVIER ERNESTO NAVARRO YOVERA**

**ASESOR  
JOSELITO SANCHEZ PEREZ**  
<https://orcid.org/0000-0002-1525-8149>

**Chiclayo, 2019**

**DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO EN EL ÁREA DE  
CORTE DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE SACOS DE  
POLIPROPILENO PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD DE  
LA EMPRESA PERUSAC E.I.R.L**

PRESENTADA POR:

**JAVIER ERNESTO NAVARRO YOVERA**

A la Facultad de Ingenieria de la  
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo  
para optar el título de

**INGENIERO INDUSTRIAL**

APROBADA POR:

Vanessa Lizet Castro Delgado

PRESIDENTE

Edwin Juárez Marchena

SECRETARIO

Joselito Sanchez Perez

ASESOR

## **DEDICATORIA**

*A DIOS por ser mi guía y por lo que me brinda de tener mi familia unida y saber que me bendice y me cuida en todo momento de mi vida y a mi familia por su amor, y ser el motivo de esforzarme siempre.*

## AGRADECIMIENTOS

*Mi especial agradecimiento a mi asesor, el ingeniero Joselito Sánchez Perez, por ser el guía en la presente tesis, de su apoyo, paciencia y enseñanzas en el periodo de mi formación e investigación con diseños automatizados que contribuyen a mejoras en la productividad.*

*Al gerente Empresa Perusac E.I.R.L y todos sus trabajadores por su apoyo brindado.*

*Mi especial agradecimiento a mi amor, Antonia Quevedo, que siempre estuvo a mi lado apoyándome en los momentos malos, buenos. Por sus consejos, su paciencia en el largo periodo de mi formación y querer lo mejor para mí.*

*Agradecer a la ingeniera, Vanessa lizeth Casto Delgado, por su apoyo en el desarrollo de la tesis.*

*Agradecer a los ingenieros, Diana Peche Cieza, Edwin Juárez Marchena, por su apoyo en el desarrollo de la investigación y sus consejos de poder terminar uno de nuestros objetivos de ser profesional.*

# ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

I. INTRODUCCIÓN .....	14
II. MARCO DE REFERENCIA DEL PROBLEMA .....	16
2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA.....	16
2.2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS. ....	19
2.2.1. Productividad .....	19
2.2.3. Productividad e indicadores .....	19
2.2.4. Productividad de Mano de Obra.....	21
2.2.5. Automatismos Industriales.....	22
2.2.6. Automatización. ....	23
2.2.7. Tecnologías utilizadas. ....	24
2.2.8. Sistemas de Control.....	26
2.2.9. Tipos de controladores industriales.....	30
2.2.10. Tipos de acciones de control PID.....	32
2.2.11. Controladores Lógicos Programables (PLC). ....	36
2.2.12. Estructura de un PLC. ....	40
2.2.13. Instrumentación y equipos para sistemas automatizados .....	43
2.2.14. Selección correcta de la potencia del motor.....	47
2.2.15. Aspectos a tomar en cuenta durante la selección de un motor eléctrico. ....	48
2.2.16. Sensores.....	49

2.2.17. Sensores Industriales. ....	50
2.2.18. Otros dispositivos de control y seguridad. ....	52
2.2.19. Diseño asistido por computadora. ....	54
2.2.20. Diagrama Hombre máquina. ....	55
2.2.21. Diagrama de espina de pescado. ....	59
2.2.22. Estudio de tiempos. ....	60
III. RESULTADOS. ....	64
3.1. Realizar un Diagnóstico del estado actual de la línea de producción de sacos .....	64
3.1.1. Descripción General de la empresa. ....	64
3.1.2. Descripción del sistema de producción. ....	66
3.1.3. Proceso de producción .....	68
3.1.4. Problemas identificados. ....	78
3.1.5. Diagnóstico por causas .....	80
3.2. DESARROLLO DE LA PROPUESTA DE MEJORA .....	110
3.2.1. Diseñar un sistema de automatización para el área de corte .....	110
3.2.2. Concepto general del diseño propuesto. ....	111
3.2.3. Nuevos Indicadores. ....	150
3.2.4. Cuadro comparativo de indicadores. ....	154
3.3. ANÁLISIS COSTO BENEFICIO. ....	155
3.3.1. Objetivo: Realizar una evaluación del costo beneficio. ....	155
IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	161
4.1. CONCLUSIONES .....	161
4.2. RECOMENDACIONES .....	163
V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	164
VI. ANEXOS.....	170

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Parámetros para controlador PID.....	35
Tabla 2. Características de telar circular .....	77
Tabla 3. Características de telar circular III .....	77
Tabla 4. Características de maquina cortadora.....	77
Tabla 5. Características de maquina de costura I.....	78
Tabla 6. Características de maquina de costura II.....	78
Tabla 7. Unidades con disconformidades por hora .....	82
Tabla 8. % de Merma en unidades en un turno .....	83
Tabla 9. % de unidades de merma por día en el proceso de corte. ....	83
Tabla 10. Observaciones de tiempos por tarea en segundos .....	86
Tabla 11. Tiempo normal con factor de nivelación .....	88
Tabla 12. Costo de Mano de Obra de piezas disconformes mensualmente .....	90
Tabla 13. Calculo de Tiempo estándar.....	92
Tabla 14. Cálculo de productividad de Mano de Obra .....	95
Tabla 15. Producción Programada vs Producción Real .....	96
Tabla 16. Ingresos no recibidos de venta de sacos de polipropileno .....	98
Tabla 17. Consumos de energía de máquina de corte .....	100
Tabla 18. Producción de telares .....	105
Tabla 19. Producción del área de Corte .....	105
Tabla 20. Cantidades de ingresos no percibidos .....	107
Tabla 21. Causas con sus impactos económicos .....	108
Tabla 22. Indicadores de causa 1-2-3.....	109
Tabla 23. Lista de materiales de estructura de la máquina.....	117
Tabla 24. Características del motor enrollador existente .....	123
Tabla 25. Características del motor enrollador existente .....	123
Tabla 26. Cálculo de valores PID.....	129

Tabla 27. Valores para ajustar el PID .....	129
Tabla 28. Calculo para control de temperatura por PID .....	130
Tabla 29. Leyenda de variables en programación.....	149
Tabla 30. Nuevos calaculos de consumo de energia.....	153
Tabla 31. Nuevos Indicadores .....	154
Tabla 32. Costos del proyecto .....	155
Tabla 33. Beneficio costo del proyecto .....	158
Tabla 34. Flujo de caja de la propuesta .....	159
Tabla 35. Periodo de recuperación.....	160

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Pirámide de la automatización .....	23
Figura 2. Evolución de los automatismos industriales .....	25
Figura 3. Opciones para la automatización .....	26
Figura 4. Sistema de lazo abierto .....	27
Figura 5. Sistema de lazo Cerrado .....	27
Figura 6. Sistema de lazo cerrado .....	28
Figura 7. Modo de control ON/OFF.....	31
Figura 8. Control Proporcional.....	33
Figura 9. Diferentes Modelos de PLC.....	36
Figura 10. Interacción del operario con el proceso controlado .....	37
Figura 11. Diagrama básico de bloques de un PLC. ....	38
Figura 12. Estructura del PLC.....	42
Figura 13. Simbología de los principales tipos de variadores.....	43
Figura 14. Estructura general de un variador. ....	44
Figura 15. Principio de la regulación de la velocidad. ....	45
Figura 16. . Motor jaula de ardilla.....	46
Figura 17. Funcionamiento de un detector inductivo.....	51
Figura 18. Principio del sistema réflex polarizado.....	51
Figura 19. Tipos de sensores .....	52
Figura 20. Simbología de interruptores y pulsadores.....	53
Figura 21. Representación simbólica de un contactor.....	53
Figura 22. Diagrama Hombre Maquina .....	59
Figura 23. Estructura metodológica .....	61
Figura 24. Esquema del formato de tiempos.....	62
Figura 25. Ubicación geográfica de la empresa km 3,2 –san José – Pimentel.....	65
Figura 26. Características del producto.....	67
Figura 27. Especificaciones Técnicas .....	68

Figura 28. Materia Prima .....	69
Figura 29. Maquina tejedora - Telar.....	70
Figura 30. Máquina de corte .....	71
Figura 31. Máquina de corte .....	72
Figura 32. Máquina de costura I.....	72
Figura 33. Maquina bordadora .....	73
Figura 34. DOP de fabricación de sacos de polipropileno .....	74
Figura 35. Diagrama de circulacion .....	75
Figura 36. Diagrama pictorico del proceso productivo de sacos de polipropileno .....	76
Figura 37. Diagrama Ishikawa baja productividad .....	79
Figura 38. Flujograma del proceso de corte de sacos de polipropileno .....	91
Figura 39. Diagrama hombre máquina del proceso actual del área de corte de sacos .....	93
Figura 40. Productividad de Mano de Obra horas / hombre .....	95
Figura 41. Diagrama de flujo del área de corte .....	103
Figura 42. Diagrama de flujo .....	104
Figura 43. DAP (diagrama de análisis de Proceso de sacos de polipropileno).....	106
Figura 44. Diseño de la máquina.....	111
Figura 45. Diseño de la maquina.....	112
Figura 46. Vistas subsistema – Explosion de diseño .....	114
Figura 47. Vista trimetrica del concepto general del diseño – Renderizado general del diseño...	115
Figura 48. Vistas Subsistema – Explosion del diseño.....	118
Figura 49. Actuador neumático .....	119
Figura 50. Motoreductor WEG .....	124
Figura 51. Control PID - Lazo cerrado .....	127
Figura 52. Gráficos de temperaturas -T1 - T2.....	128
Figura 53. Parámetros de resistencia.....	129
Figura 54. Grafica de control PID.....	131
Figura 55. Altivar ATV312HU15N4 .....	134
Figura 56 . ATV312HU15N4.....	135
Figura 57. Datos de motor trifásico WEG.....	135
Figura 58. Características de motores .....	136

Figura 59. Interruptor EZC100N 3040.....	136
Figura 60. Interruptor C60N de Riel Din .....	137
Figura 61. Guardamotor GV2ME10 .....	138
Figura 62. Código de guardamotors según su potencia.....	138
Figura 63. Rectificador Fhaseo ABL7RM24025 .....	139
Figura 64.Pulsadores, emergencia, marcha y paro.....	139
Figura 65. Controlador Lógico Programable TM241CE40R.....	140
Figura 66. Módulo de Ampliación entradas TM3TI4 .....	140
Figura 67. Módulo de Ampliación de salidas TM3AQ4.....	141
Figura 68. Regulador de Potencia SPC1-35.....	141
Figura 69. Sensores RTD para procesamiento de plástico.....	142
Figura 70. Plano electrico.....	143
Figura 71. Diagrama de movimientos del proceso automatizado .....	144
Figura 72. So Machine .....	145
Figura 73. Programación de lenguaje ladder del proceso de corte de sacos de polipropileno.....	147
Figura 74. Salidas analogicas de PLC a Variadores.....	148
Figura 75. Entradas analogicas - PT 100.....	148
Figura 76. Diagrama hombre máquina del proceso con el sistema automatizado .....	150

## **RESUMEN**

El presente proyecto de investigación se desarrollará en la empresa textil Perusac E.I.R.L., dedicada a la confección y comercialización de sacos de polipropileno, para la región norte. El producto consta de un proceso continuo en las que tiene como resultado final sacos de medidas estandarizadas. Las cuales presentan una baja productividad en el área de corte de la tela de polipropileno debido a que los trabajos, se realizan con una maquina adaptada manualmente donde se requiere mano de obra constante, lo que hace que por errores incesantes del operario tengamos una perdida de 9,86 % , y por la saturacion del operario perdidas de productos defectuosos un costo de reproceso de S/ 50 278,00 y a la baja capacidad de su maquinaria dejando de percibir S/ 51 161,00 anual , generando así un impacto económico total anual de S/ 107 363,10 sobre la empresa. Frente a estos inconvenientes se presenta la siguiente pregunta ¿un diseño de un sistema automatizado en el área de corte de la línea de producción de sacos de polipropileno mejorará la productividad de la empresa perusac E.I.R.L.

Se planteó como propuesta diseñar un sistema automatizado en el software solidworks, esquemas y planos eléctricos del sistema y la programación del PLC Modicom 241, en el software So Machine, para el área de corte de la línea de producción de sacos de polipropileno para mejorar la productividad a un 97,80%.

Con el sistema automatizado en la máquina de corte se obtendrá mejorar los indicadores, teniendo como resultado que el 97,8 % de la producción de corte que ingresa al proceso son cortados y medidos bien a la primera, es decir sin elevados porcentajes de mermas o reproceso ; que el porcentaje de saturación del operario se redujo del 100 % a 29,4 %, teniendo una productividad de mano de obra de 562, unidades por hora hombre un aumento al 97,80 % , con un tiempo estándar de 6,38 segundos / unidad .Se concluye con realizar la evaluación el proyecto de inversión del diseño propuesto de automatización tiene un monto total de S/ 31 567,00 con una tasa interna de retorno de 238%, un valor neto actual de S/ 271 111,27. A un plazo de 5 años y un periodo de recuperación de 151 días. Siendo viable y rentable para la empresa.

**Palabras claves:** Automatización, PLC, So machine, y productividad.

## **ABSTRACT**

This research project will be developed at the Perusac E.I.R.L. textile company, dedicated to the manufacture and marketing of polypropylene bags, for the northern region. The product consists of a continuous process in which it results in bags of standardized measures. Which have a low productivity in the area of cutting of the polypropylene fabric due to the fact that the work is carried out with a manually adapted machine where constant labor is required, which means that due to unceasing errors of the operator we have a loss of 9.86%, and due to the saturation of the operator lost defective products a reprocessing cost of S / 50 278.00 and the low capacity of its machinery ceasing to receive S / 51 161.00 per year, thus generating a total economic impact annual of S / 107 363.10 about the company. Faced with these drawbacks, the following question arises: does an automated system design in the cutting area of the polypropylene bag production line improve the productivity of the perusac company E.I.R.L.

The proposal was to design an automated system in the solidworks software, diagrams and electrical drawings of the system and the programming of the Modicom 241 PLC, in the So Machine software, for the cutting area of the polypropylene bag production line to improve the productivity at 97.80%.

With the automated system in the cutting machine, the indicators will be improved, resulting in 97,8 % of the cut production entering the process being cut and measured well at the first, that is, without high percentages of shrinkage or reprocessing; that the saturation percentage of the operator was reduced from 100% to 29.4%, with a labor productivity of 562, units per man hour an increase to 97.80%, with a standard time of 6.38 seconds / unit, compar. It is concluded with the evaluation the investment project of the proposed automation design has a total amount of S / 31 567.00 with an internal rate of return of 238%, a value Current net of S / 271 111.27. At a term of 5 years and a recovery period of 151 days. Being viable and profitable for the company.

Keywords: Automation, PLC, So machine, and productivity.

## I. INTRODUCCIÓN

Según el banco interamericano de desarrollo (BID) el Perú en el 2016 ha mantenido una de las tasas de crecimiento económico más altas de la región latinoamericana en la última década, no obstante estudios a largo plazo indican que aún persisten brechas de productividad. La Productividad total de factores del Perú representa un 49% de la estadounidense y un 76% de la chilena. En este periodo el país ha avanzado notablemente estableciendo las bases del sistema nacional de innovación para apoyar la promoción de la ciencia, la tecnología y la innovación y de un despliegue gradual de incentivos para aumentar la inversión en innovación. [26]

El 65,5% de las empresas del país realizan actividades de innovación y apuesta por tecnología automatizada para poder ser más competitivos y poder mantenerse en el mercado. [21]

La automatización en la industria está incluyendo la robótica dentro de este gran rango de sistemas. Actualmente, todo producto que usamos en el día a día es fabricado o producido en un proceso automatizado: manufactura, equipos industriales, domésticos, automóviles, alimentos, entre otros, son el resultado de procesos de producción automatizados que requieren una mínima interacción de mano de obra.

Los beneficios de la automatización en todas las industrias son muchos: reducción de ciclos de producción, aumento de productividad, mejoras en la calidad y confiabilidad, reducción de desperdicios, mejor uso de los espacios, reducción de costos, reducción de accidentes. [27]

La tecnología de la automatización crea y transforma históricamente el efecto neto de las principales revoluciones, Inteligencia Artificial, Robótica, innovación tecnológica. Creando los cimientos para tener mayor prosperidad socio económica entre los países tenemos a América Latina y el mundo desarrollado que ha incrementado su productividad en los últimos años. El estudio invita a poner el foco en estrategias transformacionales y políticas para el sector agrícola, modernizar servicios, manufactura, infraestructura. Como afirmó la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico en su informe ‘OECD Employment’ [1]

La empresa Perusac E.I.R.L, es una empresa del rubro textil ubicada en la ciudad de Chiclayo (Ver figura 25). Situada en la carretera a San José Km 3,2 las palmas Pimentel, fundada el 03 de agosto de 2006, la empresa actualmente dedicada a la producción y comercialización de sacos de polipropileno teniendo actualmente doce años en el mercado nacional. Sus productos estandarizados son distribuidos en la región norte del Perú. Se utiliza para la cosecha y transporte de arroz, tubérculos y menestras con una gran demanda en el mercado aun no atendida en su totalidad.

El proceso se centra en la fabricación de sacos de polipropileno, que actualmente presenta una baja productividad debido a diferentes causas en el área de corte generando impactos en el trabajador durante el proceso, máquina de baja capacidad, costes elevados de mano de obra. Las cuales generan pérdidas económicas para la empresa por lo que nace la siguiente pregunta

¿Qué beneficios se obtendrán con el diseño del sistema automatización propuesto para el área de corte de la línea de producción para mejorar la productividad de la empresa perusac E.I.R.L.

El diseño de un sistema de automatización presentado para el área de corte será capaz de reducir el porcentaje de merma, los costos de mano de obra por productos disconformes, mejorar las unidades por hora hombre, y la eficiencia de la maquina controlando el proceso mediante un sistema PLC, logrando aumentar la productividad del proceso y como consecuencia obtener productos de mejor calidad.

De esta manera el objetivo central es analizar el proceso productivo actual de sacos de polipropileno en la empresa perusac a fin de optimizarlo con un diseño mediante la automatización para el proceso de producción , buscando alcanzar un nivel óptimo que contribuya para mejorar la productividad y al cumplimiento de los pedidos con los clientes ,mejorar las condiciones de trabajo para el colaborador y finalmente realizar un análisis del costo y beneficio de la inversión que se utilizara para el diseño propuesto.

Todo esto queda justificado en la aplicación de equipos de tecnología que le permite demostrar con antecedentes ya realizados que son efectivas para la mejora de la productividad de la empresa, así mismo en lo económico, financiero pues permita la generación de mayores ingresos para la empresa.

## **II. MARCO DE REFERENCIA DEL PROBLEMA**

### **2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA**

Para realizar esta investigación se recolecto información del estado actual de la planta, y de los diferentes estudios realizados referente a la automatización en los procesos de las empresas nacionales y del mundo, ya que en la actualidad prevalece la optimización de tiempos, mano de obra, recursos económicos que nos permite ser, más competitivo en el mercado.

Automatización por “Diseño implementado de un control por HMI , para un proceso de secado de una barnizadora ” el cual tuvo como objetivo aumentar la producción , mejorar la calidad de procesamiento y disminuir los riesgos para el operador , propuesta que fue implementada para realizar la automatización del equipo , el cual realizo un control electrónico , implementación del sistema de supervisión HMI, utilizo diferentes métodos de investigación ,como : campo , exploratoria , descriptiva , documental , científica y un análisis dando como resultado un impacto en el aumento de la producción logrando pasar de 700 láminas de papel barnizadas a 1300 láminas de papel equivalentes a un incremento del 42,85 % . Este diseño nos muestra la importancia de la automatización planteada posterior a ello se consideran los datos de las pruebas de campo, las que nos ayudaran a establecer la eficiencia de la máquina en su proceso. [3]

Se concluye que el diseño propuesto consigue alinear los objetivos propuestos, además propone algunas herramientas de apoyo para la automatización contemplando todas las restricciones que puedan afectar a la eficiencia de la producción.

En la Investigación “Diseño y automatización de una maquina ensacadora de cal utilizando PLC, la cual fue desarrollada en la empresa “Calizas el Chavo, donde debido a la necesidad se implementó un sistema automatizado para optimizar la producción de la empresa. Como alternativa viable en la solución de problemas en el control del peso, tiempos perdidos, mano de obra, riesgos ambientales y laborales en el proceso de ensacado de cal hidratada. Este proceso fue estudiado con las herramientas de diagnóstico , donde se identifican las necesidades y áreas de oportunidad frente

a una creciente presión para reducir los tiempos, gastos de producción entre otras variables se analiza también la importancia de la automatización en los procesos y las técnicas de control en la elaboración de productos que son un problema creciente en diversas industrias, donde el control de las distintas variables dinámicas son temas fundamentales de desarrollo e innovación para garantizar calidad, productividad y competencia de los productos . El control de estas variables nos permitirá tener conocimientos ya experimentados que nos ayudara poder ejecutar con las herramientas adecuadas en nuestra investigación de acuerdo a la importancia que tenga cada una, el impacto potencial es disminuir los tiempos en la línea de producción que nos permita mejorar la producción por medio del control automático donde se plantea un sistema automatizado. Los resultados de este estudio indican que el éxito de la automatización asocia significativamente mejorar el rendimiento de las operaciones y tener un mejor balance en la línea de producción. [4]

En la investigación “ Diseño e implementación de un sistema automático de corte lineal , transporte y empaquetado de envases plásticos con una interface de monitoreo HMI” busca analizar el diseño e implementación de un sistema de corte lineal , transporte y empaquetado de envases plásticos , lo que permita obtener una producción en serie de la línea de intrusión , soplado y corte por intermedio de sensores que controlen el transporte del producto , además un relé inteligente que determine los tiempos y acciones a ser realizadas según lo requiera el proceso. Además se analizara la implantación del interface de monitoreo HMI para conocer datos de cada una de las etapas. De esta manera se obtendrá un proceso en serie y autónomo, los dispositivos utilizados en esta investigación es la repuesta eficiente que nos ayudara a tener una línea balanceada y poder tener mejores resultados en la productividad para nuestro proyecto de investigación. En conclusión, a través de esta investigación nos damos cuenta de la importancia de un sistema automático dentro de un proceso continuo que nos permite tener una producción más eficiente sin adicionar maquinaria al proceso. [6]

En el artículo “Mejora de la productividad, calidad y ergonomía de una operación de ensamble por medio de la automatización” define la importancia que tiene actualmente la automatización, la importancia significativa que tiene en la industria y en todo el mundo siempre buscando la mejora continua de los procesos ya sea por medio de complejos y costosos robots hasta herramientas semi-automáticas que agilicen las tareas a los operadores y las empresas. En la

industria aún existen muchas fábricas que tienen procesos de ensamble manuales, los cuales pueden ser pesados, repetitivos, y extenuantes lo cual desencadena diferentes consecuencias negativas a las empresas como ausentismo, variación en los procesos, reducción de la calidad, etc. Lo más resaltante en este artículo se presenta una solución alternativa para un proceso de ensamble manual, por medio de la automatización. La mejora de diferentes factores medibles del proceso mediante la implementación de una máquina semi-automática fabricada especialmente para dicho proceso y siguiendo la metodología de DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y controlar). Después de realizada la implementación se obtuvo una reducción en los principales defectos de calidad, como mal ensamble de 2.35% a un 0.37%, y producto dañado de 0.5% mensual a 0.21%. De esta manera si se implementa la automatización de forma eficiente se podría beneficiar muchas empresas con procesos más eficientes y productivos. [10]

En la investigación “PLC Based Pneumatic Punching Machine”, tiene como objetivo los problemas de control de serigrafía en el tambor de acero 200L y la aplicación de PLC Omron para resolver el diseño puede hacer que el tambor de acero serigrafía convertido sistema automático puede reducir la contaminación, acortar el proceso de producción, reducir la intensidad del trabajo y aumentar la productividad para hacer más el ingreso de beneficio. Aquí se describen en el diseño y fabricación de hojas de tipo automático máquina de perforación de metal controlado por el controlador lógico programable (PLC). También se describe el principio de funcionamiento y la estructura de hardware del sistema. Mediante la automatización del sistema de perforación de uno puede tener como resultado un mayor control sobre todo el proceso ,así mismo Por interfaz PLC, obtener buenos resultados en la forma de aumentar la seguridad del trabajador , la reducción de tiempo de espera de fabricación y la reducción de la desalineación angular ,lo más resaltante de este presente artículo .Es el incremento de la productividad del 350 % tal como se muestran en el sistema operado manualmente producirá aproximadamente al 50 % , 60 unidades por hora y 600 unidades en 10 horas, mientras que la punzadora automática producirá 420 unidades en una hora de 4200 unidades en 10 horas con esta investigación nos permite llegar a la conclusión de la importancia de la automatización por medio de autómatas como lo es el PLC ,que nos ayudara a aplicar el sistema de automatización para ser más eficiente la línea de producción que se está investigando en nuestro proyecto.[11]

## **2.2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS**

### **2.2.1. Productividad**

La productividad es la relación entre la producción obtenida por un sistema productivo y los recursos utilizados para obtener dicha producción. La productividad depende tanto de la calidad y las características de los productos (las cuales determinan los precios que pueden alcanzar) como de la eficiencia con la que son producidos.

La productividad es el determinante fundamental del nivel de vida de una nación a largo plazo; es la causa fundamental de la renta per cápita nacional.[12]

La productividad implica la mejora del proceso productivo. La mejora significa una comparación favorable entre la cantidad de recursos utilizados y la cantidad de bienes y servicios producidos. Por ende, la productividad es un índice que relaciona lo producido por un sistema (salidas o producto) y los recursos utilizados para generarlo (entradas o insumos). [30]

### **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 y la aplicación cada vez más extensa del internet y la web. La única forma en que un negocio o empresa puede crecer e incrementar sus ganancias es mediante el aumento de su productividad. [49]

### **2.2.3. Productividad e indicadores**

La productividad es la relación entre la producción obtenida por un sistema productivo y los recursos utilizados para obtener dicha producción. La productividad depende tanto de la calidad y las características de los productos (las cuales determinan los precios que pueden alcanzar) como de la eficiencia con la que son producidos.

La productividad es el determinante fundamental del nivel de vida de una nación a largo plazo; es la causa fundamental de la renta per cápita nacional.[12]

▪ **Producción**

La producción es una actividad económica que finida como un conjunto de actividades que se desarrollan utilizando recursos que fueron gestionados adecuadamente para la obtención de un producto mediante un proceso.

La producción se realiza mediante las operaciones que se encuentran integradas en procesos. Los procesos deben estar ligados a métodos de operación eficientes que logren reducción de tiempos, mejoren los costos de producción de manera que alcance la máxima productividad. Los factores de producción están constituidos por los medios humanos, materiales y procesos de producción.

▪ **Eficiencia**

Es el porcentaje de la capacidad efectiva alcanzada realmente se representa de la siguiente manera. [14]

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Produccion real}}{\text{Capacidad productiva}} \dots\dots\dots (\text{ec. 01}).$$

El resultado de indicadores de un sistema productivo nos permite evaluar y analizar para sí poder emplear las herramientas de control “mejora continua”, adecuadas que nos conduzcan a obtener mejores resultados que sumen para la rentabilidad de la organización.

A continuación, se detalla fórmulas de indicadores establecidos en el artículo: “Indicadores Productivos” [14]

FTT (Firt Throgh – Piezas bien hechas a la primera)

El FIT, es el indicador básico de calidad de un proceso, que como su nombre lo indica nos muestra el porcentaje correcto de piezas que se hacen bien a la primera, sin necesidad de trabajos adicionales. La fórmula de cálculo del indicador se muestra en la siguiente ecuación 2.[14]

$$\text{FTT} = \frac{\text{Unidades entrantes} - \text{scrap} - \text{piezas retrabajadas}}{\text{Unidades entrantes}} \dots\dots\dots (\text{ec. 02}).$$

Dónde:

- Unidades entrantes: cantidad de unidades que ingresan en el proceso de producción.
- Scrap: piezas defectuosas resultantes del proceso no se pueden reprocesar
- Piezas Retrabajadas: Número de piezas que han ingresado al proceso y que han tenido que volver a reprocesarse debido a defectos.

▪ **Rendimiento de Volumen.  $Rto_{Vol}$**

El rendimiento de volumen se calcula como. [14]

$$Rto_{Vol} = \frac{\text{Piezas Reales}}{\text{Piezas programadas}} \dots\dots\dots (\text{ec. 03}).$$

Dónde:

- Piezas programadas: son las piezas que según la programación del día debería sacar la máquina. Para este valor lo único que importa es la cantidad de piezas que debería haber producido.
- Piezas reales: son las piezas que realmente ha sacado la máquina.

**2.2.4. Productividad de Mano de Obra**

Mide el número de unidades producidas por hora de mano de obra trabajada. [14]

$$P_{MO} = \frac{\text{Piezas fabricadas}}{\text{Tiempo empleado en la fabricacion x Numero de operarios}} \dots\dots\dots (\text{ec. 04}).$$

Dónde:

- Piezas Fabricadas: producción realizada
- Tiempo empleado en la fabricación: Tiempo utilizado para la producción

- Numero de operarios: Cantidad de operarios requeridos para dicha producción en un intervalo de tiempo. [28]

$$P = \frac{\textit{Produccion obtenida}}{\textit{Cantidad de recurso empleado}} \dots\dots\dots (\textit{ec. 05}).$$

La cantidad de recurso empleado puede referirse a mano de obra, materia prima, maquinaria, energía y capital. [28],[30].

Si el recurso fuera alguno de los recursos mencionados se definiría en las ecuaciones como:

$$\textit{Productividad} = \frac{\textit{bienes y servicios producidos}}{\textit{Mano de obra+capital+Materias Primas+Otros}} \dots\dots\dots(\textit{ec.06})$$

$$P_E = \frac{\textit{Unidades obtenidas por hora en la maquina x}}{\textit{kWh consumidos en maquina x}} \dots\dots\dots (\textit{e.c .07})$$

- **Cuello de botella**

Un recurso limitante es el que menor velocidad de producción tiene en un proceso productivo en serie, puede ser una máquina, un proceso manual o un equipo de manejo de materiales lento que transporta subproductos o materia prima de una máquina de un área a otra. Y si además la capacidad de este recurso no es suficiente para abastecer a las necesidades del mercado, nos encontramos ante un cuello de botella [12]

### 2.2.5. Automatismos Industriales

La real academia española de la lengua define automatismo como el desarrollo de un proceso o funcionamiento de un mecanismo por sí solo. y automática como el estudio de los métodos cuya finalidad es la sustitución de un operador humano por un operador artificial basado en dispositivos mecánicos o electrónicos en la realización de una tarea previamente programada. [31]

### 2.2.6. Automatización

La automatización es la sustitución de la acción humana por mecanismos independientes o no entre sí, movidos por una fuente de energía exterior capaces de realizar ciclos completos de operaciones que se pueden repetir indefinidamente. Un sistema automático supone siempre la existencia de una fuente de energía, de unos sistemas de mando y fuerza que son los que ordenan realizar el ciclo de trabajo que son los que lo ejecutan.

Para lograr la automatización de procesos con la tecnología mecatrónica, se debe realizar un profundo análisis del tipo de equipo que se utiliza en el proceso, de las operaciones susceptibles de automatizar, de las condiciones de trabajo en que se desarrollan las actividades y principalmente las condiciones ergonómicas y antropométricas de los trabajadores en su relación hombre máquina, para determinar los efectos físicos y mentales que repercuten en los operadores debido a las condiciones de trabajo a las que están sometidos, lo que nos conducirá a determinar los procesos en los que se requiere algún grado de automatización. [31]

El conjunto de tecnologías mencionadas anteriormente, se sintetiza en la pirámide de la automatización, la cual muestra el avance de las empresas competitivas partiendo de una base sólida hasta la evolución de este mundo globalizado donde la tecnología prevalece.

En la figura N° 1 se muestra la pirámide de la automatización.

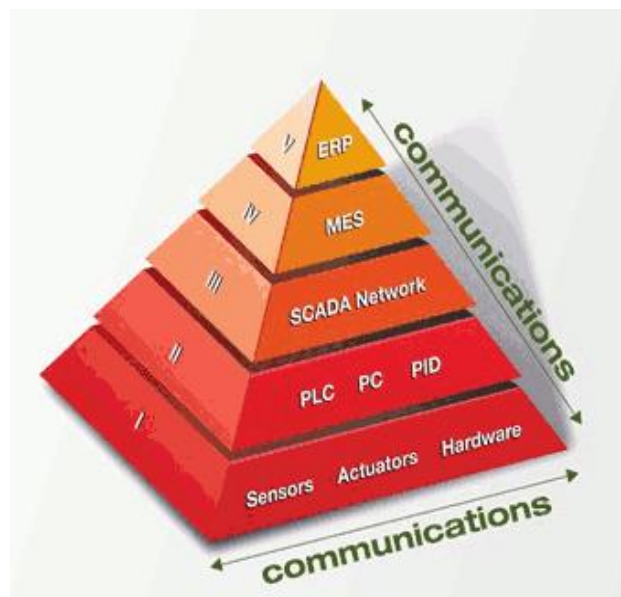


Fig 1. Pirámide de la automatización “SMC” [33]

El primer nivel o "nivel de campo" incluye los dispositivos físicos presentes en la industria, como los actuadores y sensores.

El segundo nivel o "nivel de control" incluye los dispositivos controladores como ordenadores, PLCs, PIDs, etc.

El "nivel de supervisión" (tercer nivel) corresponde a los sistemas de supervisión, control y adquisición de datos (SCADA).

En un nivel superior o "nivel de planificación" se encuentran los sistemas de ejecución de la producción (MES).

La cúspide de la pirámide ("nivel de gestión") la componen los sistemas de gestión integral de la empresa (ERP).

#### ▪ **Objetivos de la automatización**

- Mejorar la productividad, reduciendo los costes de la producción y mejorando la calidad de la misma.
- Realizar las operaciones imposibles de controlar intelectualmente o manualmente.
- Mejorar las condiciones de trabajo del personal y disminuir los riesgos a que están expuestos.
- Mejorar la disponibilidad de los productos, pudiendo proveer las cantidades necesarias en el momento preciso.
- Simplificar el mantenimiento de forma que el operario no requiera grandes conocimientos para la manipulación del proceso productivo.
- Integrar la gestión y producción [34]

#### **2.2.7. Tecnologías utilizadas**

La evolución de los automatismos industriales surge de la necesidad de mejora de los antiguos sistemas y técnicas de control manual, que requerían de una mano de obra extremadamente cualificada y ralentizaban enormemente la velocidad y competitividad de los procesos.

### ▪ **Automatismos cableados**

El automatismo se realiza interconectando los distintos elementos que lo integran. Su funcionamiento es establecido por los elementos que lo componen y por la forma de conectarlos.[34]

Los dispositivos que se utilizan en la tecnología cableadas para la realización del automatismo son:

- Relés electromagnéticos
- Módulos lógicos neumáticos
- tarjetas electrónicas etc.

### ▪ **Automatismos programados**

La realización de los automatismos programados se ha generado y se ha visto favorecida por los avances producida en los últimos años en el campo de los microprocesadores. los equipos utilizados son: los ordenadores, los autómatas programables.

El ordenador como parte de mando de un automatismo, presenta la ventaja de ser altamente flexible y modificable. modificar el funcionamiento significa modificar el programa o la programación sin modificar el conexionado. [34]

En la figura 2 se muestra la evolución de los automatismos industriales.

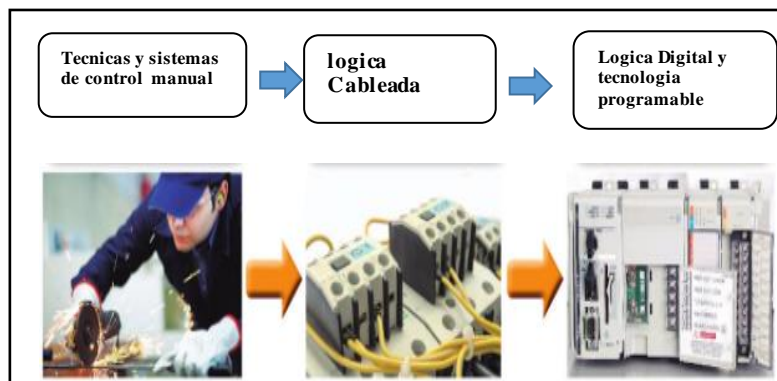


Fig 2. Evolución de los automatismos industriales [42]

La automatización se efectúa mediante diferentes procedimientos esquematizados a continuación se muestra en la figura 3.

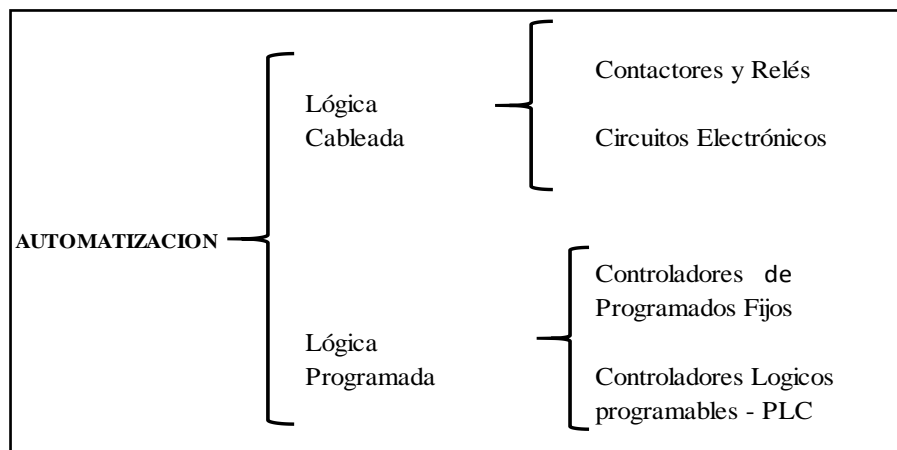


Fig 3. Opciones para la automatización [44]

### 2.2.8. Sistemas de Control

En la actualidad es difícil encontrar un sistema que no tenga algún tipo de sistema de control retroalimentado. El control moderno está intrínsecamente ligado a la robótica, también en este caso se presenta el desarrollo de la manufactura automatizada.

En síntesis, el control automático nos ha acompañado por milenios y se encuentra presente en todos los dominios industriales. Esto se debe a que todo lo que nos rodea está conformado por sistemas dinámicos.[20]

Entre los sistemas de control tenemos.

#### 2.2.8.1. Sistemas en lazo Abierto

Una herramienta muy aceptada para el análisis de sistemas es la presentación por diagramas de bloques de los elementos de un sistema. Esta representación describe la lógica del funcionamiento de una manera secuencial, lo cual permite modelar el sistema y encontrar errores de diseño en el mismo. El lazo de control de la Figura 4, es lo que conocemos como un lazo abierto de control. En este tipo de lazos de control la entrada del sistema actúa directamente sobre el controlador, para producir mediante el actuador el efecto deseado en la salida.

En la figura 4, se muestra un sistema de lazo abierto.

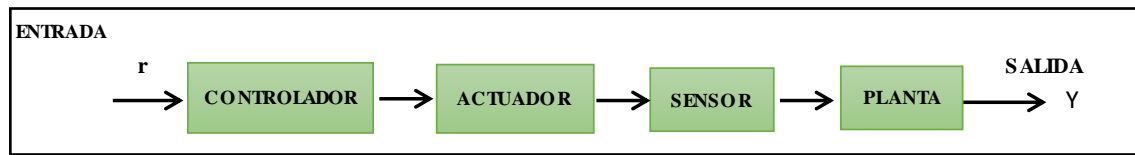


Fig 4. Sistema de lazo abierto. [20]

Un ejemplo claro de este hecho son las lavadoras industriales. Estas máquinas tienen niveles de actuación tanto para un caso de exigencias nominales (peso inferior o menor al peso ideal), como para sobrecarga del sistema. El operario selecciona el tipo de desempeño en el panel de instrumentos y no existe una autorregulación respecto al consumo de energía, velocidad del tambor, mezcla de detergente y otros posibles factores que afecten la calidad del lavado. [20]

### 2.2.8.2. Sistemas en lazo cerrado

El lazo de control cerrado es intuitivo: Necesitamos tomar decisiones de posición (control) basados en nuestra ubicación censada para que el actuador mueva a la planta. El uso de la retroalimentación negativa permite garantizar estabilidad en lazo cerrado.

En la figura 5 se muestra el sistema de lazo cerrado.

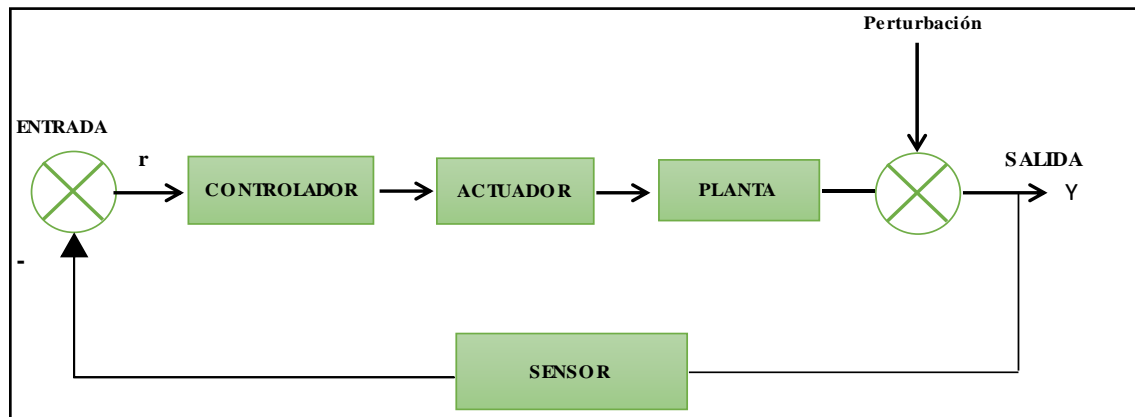


Fig 5. Sistema de lazo Cerrado. [20]

### 2.2.8.3. Variables del sistema de Control

El sistema indicado puede ser representado por bloques y la necesidad de representarlo en un lazo cerrado de control. Veamos ahora algunas definiciones de señales internas que serán de utilidad para el análisis de sistemas de control retroalimentado.

Estas señales son importantes para entender y evaluar el desempeño del lazo de control, y se muestran en la figura 6.

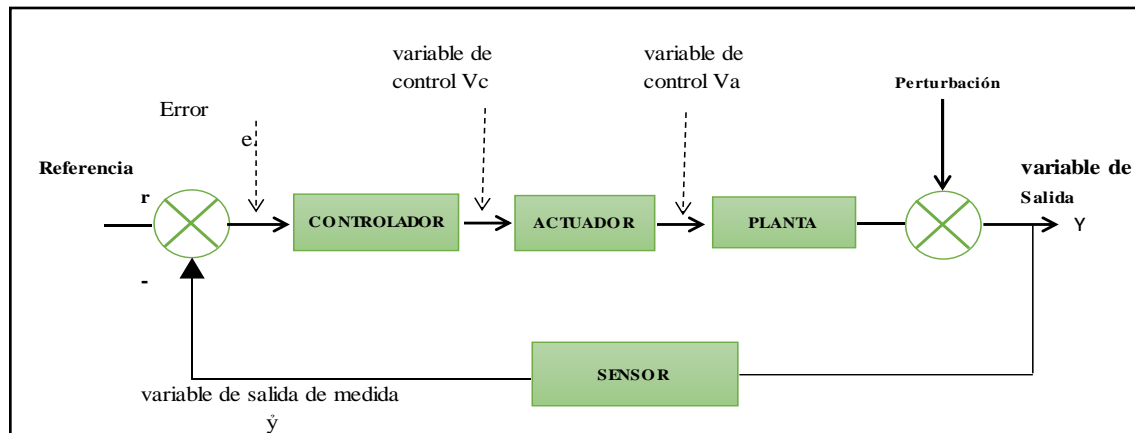


Fig 6. Sistema de lazo cerrado. [28]

A continuación, se describe las señales de un sistema cerrado.

- **Referencia**

La referencia (o entrada) es el objetivo de control a ser obtenido. Dicho objetivo puede ser una posición final deseada, una aceleración, etc. Esta referencia puede ser estática (es decir, un valor fijo), en cuyo caso es conocido el control como set-point, o puede ser variable (una trayectoria, una medición externa).

- **Variable de control**

La variable de control es la señal que representa el nivel de control requerido del controlador hacia el actuador del sistema físico.

- **Variable de actuación**

La variable de actuación, en cambio, corresponde al nivel de actuación física que requiere el sistema para moverse. Es decir, es una transformación de la variable de control a una variable que afecta la dinámica del sistema. Por ejemplo, en el caso del robot, la variable de control enviada es un nivel de voltaje, el cual es transformado a un nivel de fuerza motriz determinado por la relación entre el voltaje de entrada y la fuerza de salida del motor. Esta fuerza (variable de actuación) es la que hace que el sistema físico tenga un movimiento.

- **Variable de salida**

Como su nombre lo indica, esta variable o señal corresponde a la salida del sistema, es decir, la medición que queremos obtener. Por ejemplo, en este caso, el sistema de control tiene como variable de salida a la posición del sistema dinámico, puesto que la referencia es una posición.

- **Variable de salida medida**

Esta señal corresponde a la presencia de elementos de sensado. En un sistema de sensado con cero errores de medición, esta señal debería de ser igual a la variable de salida. Sin embargo, al existir errores de calibración del instrumento y errores intrínsecos del sensor, es posible que dicho valor sea diferente al valor actual.

- **Error**

En un sistema de lazo cerrado, el error es una de las señales más importantes a considerar. Los controladores deben estar diseñados para cancelar dicho error o reducirlo a lo menos posible, en el caso de una retroalimentación negativa unitaria.

- **Perturbación**

En un sistema de control pueden existir fuerzas externas que afecten el desempeño del sistema. Es una señal que atiende a afectar negativamente el valor de salida de un sistema.

- **Plantas**

Una planta puede ser una parte de un equipo tal vez un conjunto de los elementos de una máquina que funcionan juntos y cuyo objetivo es efectuar una operación particular

## ▪ **Variables del proceso**

Tenemos variables como:

### - **Temperatura**

La temperatura del aire determina cuánto calor el cuerpo pierde hacia el aire, principalmente por convección. Basta para calificar el confort térmico siempre y cuando la resistencia este en contacto con la tela a cortar.

## **2.2.9. Tipos de controladores industriales**

### **2.2.9.1.Sistemas On/Off**

Los sistemas on/off son sistemas físicos que consideran solamente dos estados de operación. Sin necesidad de utilizar un ejemplo en ambiente industrial, consideremos un switch de encendido de una habitación. Si está apagado, no hay luz en la habitación. Si está prendido, hay luz. Esta lógica corresponde más bien a un sistema de lazo cerrado, aunque, dependiendo de la lógica de control, puede ser también implementada dentro de un lazo cerrado.

En un ambiente industrial es todavía fácil encontrar actuadores y controladores a nivel on/off. Una válvula hidráulica, por ejemplo, no puede quedar a medio nivel, sino que tiene que encontrar su posición final entre las posiciones desplegadas y replegadas. Igualmente, un relevador electromecánico o contactor para alta potencia, tiene solamente dos posiciones on/off. [20]

Tomemos, por ejemplo, el caso de un horno eléctrico. La temperatura aumenta al activar las resistencias calentadoras mediante un contactor, gobernado a su vez por un relé dentro del controlador. El modo de control ON/OFF es lo más elemental y consiste en activar el mando de calentamiento cuando la temperatura está por debajo de la temperatura deseada Set point y luego desactivarlo cuando la temperatura esté por arriba.

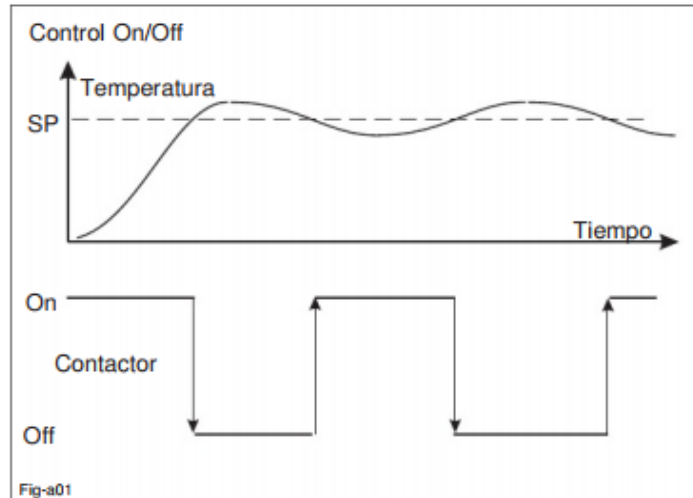


Fig 7. Modo de control ON/OFF. [38]

### 2.2.9.2. Control PID en la industria de procesos

El control PID es un mecanismo de control que a través de un lazo de retroalimentación permite regular la velocidad, temperatura, presión y flujo entre otras variables de un proceso en general. El controlador PID calcula la diferencia entre nuestra variable real contra la variable deseada.

Es ampliamente conocido el éxito que ha tenido la aplicación del control PID en los procesos industriales. Con su funcionalidad de tres términos ofreciendo tratamiento tanto para respuesta transitoria como para respuesta en estado estacionario, el control PID provee una solución genérica y eficiente para los problemas de control presentes en el mundo real .

La amplia aplicación del control PID ha estimulado y sostenido la investigación y desarrollo para obtener el mejor desempeño del PID y la búsqueda continua con la finalidad de encontrar la próxima clave en tecnología o metodología para la sintonización de estructuras PID. Los controladores PID funcionan de manera exitosa ya que operan en la mayoría de procesos lineales invariantes en el tiempo y de una entrada una salida. Una vez que se sintoniza un controlador es de interés realizar el proceso de optimización. Existen diferentes técnicas de optimización para sintonizar los controladores.[39]

El controlador PID es con mucho el algoritmo de control más común. La mayoría de los lazos de realimentación se controlan mediante este algoritmo u otro con pequeñas variaciones.

Se implementa de muchas formas diferentes, como un controlador único o como parte de un paquete DDC (Control Digital Directo) o un sistema de control de procesos distribuido jerárquico. [39]

## **2.2.10. Tipos de acciones de control PID**

### **2.2.10.1 Acción Proporcional**

Su nombre deriva del hecho de que la salida del controlador es proporcional a la diferencia entre el set point y la variable medida. Este se puede conseguir haciendo la señal de control proporcional al error. [39]

$$M = K(Y_{sp} - Y)Ke$$

Y<sub>sp</sub>: Set point.

Y: Variable de proceso

E: Error

K: Ganancia

La ganancia del controlador proporcional es la relación entre la variación en la señal de la salida y el error que la produce (diferencia entre la variable y el set point). Muchos controladores neumáticos y electrónicos emplean en lugar de ganancia la denominada banda proporcional, que es la inversa de la ganancia.

$$Bp\% = \frac{100\%}{K}$$

### **2.2.10.2 Banda Proporcional (BP)**

Es el porcentaje de variación de la variable controlada necesaria para provocar una carrera completa del elemento final de control. El valor de la banda proporcional, se expresa usualmente en tanto por ciento de su campo de medida total.

También llamado error estacionario. Característica indeseable del controlador proporcional.

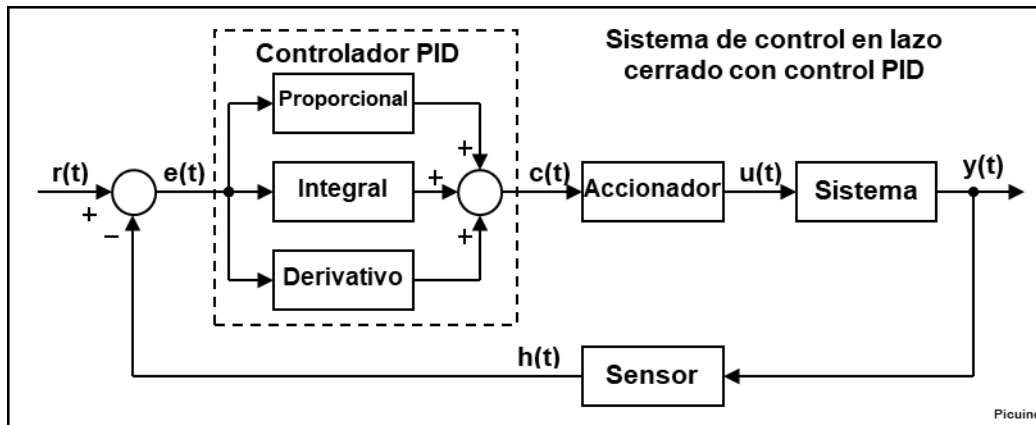


Fig 8. Control Proporcional. [38]

### 2.2.10.3 Control proporcional integral

En el control integral, el elemento final se mueve de acuerdo con una función integral en el tiempo de la variable controlada.

El tiempo de acción integral  $T_i$ , en minutos equivale a “minutos por repetición de la acción proporcional”. También se acostumbra a expresar la acción integral en “repeticiones por minuto”, que es el número de veces por minuto que se repite la acción proporcional y que es recíproco matemático de minutos por repetición. [39]

$$u_o(t) = K_I \int_0^T e_o(\tau) d\tau$$

$K_I$ . Ganancia integral

$u_o$ . Salida de control constante

$e_o$ . Error constante

### 2.2.10.4 Control PID

Un refinamiento adicional consiste en dotar al controlador de una capacidad anticipativa utilizando una predicción de la salida basada en una extrapolación lineal.

Ver Figura 8. Esto se puede expresar matemáticamente como.

Este indicador se puede encontrar de forma monetaria en algunas plantas, es decir en lugar de piezas fabricadas se colocaría la suma del valor de dichas piezas. Este modo de

$$u(t) = Ke(e(t) \int_0^t e(\tau) d\tau + Td \frac{de(t)}{dt})$$

La acción de control es así una suma de tres términos que representan el pasado por la acción integral del error (el término-I), el presente (el término-P) y el futuro por una extrapolación lineal del error (el término-D).

El término

$$e + Td \frac{de(t)}{dt}$$

Es una predicción lineal del error  $Td$  unidades de tiempo en el futuro. Los parámetros del controlador se llaman: ganancia proporcional  $K$ , tiempo integral  $Ti$ , y tiempo derivativo  $Td$ . [39]

Teniendo en cuenta que la variable temperatura, para el proceso a controlar para ello se utilizara sistema de control a utilizar es el **Control Proporcional Integral Derivada – PID**

Sintonización de Controlador PID – Utilizando fórmulas de Ziegler- Nichols para respuesta a escalón.

Además de estos dos tiempos característicos también hay que calcular la variación de la señal escalón  $dx$  y la variación de la respuesta del sistema  $dy$

Calcular la variación de la temperatura. [25]

La variación de la señal del escalón corresponde a  $dx = 5v$  de señal de control  $c(t)$  y la variación del sistema corresponde a  $dy = 200$  °C medidos por el sensor  $h(t)$ .

A partir de estos valores se puede calcular la constante del sistema  $Ko$ .

$$K = (dx * T2) / dy * T1$$

Y a partir de la constante  $K_o$  se pueden calcular los parámetros del controlador PID con acción solo proporcional (P), proporcional e integral (PI) o proporcional integral y derivada (PID)

Tabla I.  
Parametros para controlador PID. [25]

	$K_p$	$T_i$	$T_d$
P	$K_o$		
PI	$0,9 * K_o$	$3,3 * T_1$	
PID	$1,2 * K_o$	$2 * T_1$	$0,5 * T_1$

La constante:

$K_p$ : Corresponde a la ganancia proporcional.

$T_i$ : Tiempo derivativa.

P: Proporcional

PI: Proporcional e Integral

PID: Proporcional Integral y Derivativa.

En el caso de tener el controlador PID configurado con la ganancia integral  $K_i$  y derivativa  $K_d$  en vez de los tiempos  $T_i$  y  $T_d$ , hay que tener en cuenta las siguientes relaciones. [25]

$$K_i = K_p / T_i$$

$$K_d = K_p * T_d$$

#### ▪ Control de temperatura

Para calcular los parámetros del sistema de fuerza una respuesta al escalón fijando la señal de control en 0 voltios con un escalón de 5 voltios. El sistema responde cambiando desde 25 °C a 225 grados centígrados. Los tiempos son los que aparecen en las gráficas anteriores, con lo cual los valores de la curva de respuesta del sistema son los siguientes.

$$dx. = 5 - 0 = 5 \text{ voltios.}$$

$$dy. = 225 - 25 = 200 \text{ °C}$$

$T_1 = 2,2 - 1 = 1,2$  segundos.

$T_2 = 13,8 - 2,2 = 11,6$  segundos.

A partir de esos valores se pueden calcular los parámetros del regulador PID

$$K_o = (dx * t_2) / (dy * t_1) = (5 * 11,6) / (200 * 1,2) = 0,242 \text{ v / } ^\circ\text{C}$$

### 2.2.11. Controladores Lógicos Programables (PLC)

Uno de los controladores más difundidos actualmente en la industria es el controlador lógico programable (PLC). Un PLC es un dispositivo de control que es programable y está concebido para resistir un ambiente industrial con altas vibraciones, diferencias de temperatura y cambios bruscos de voltaje, al igual que cierto nivel de impactos mecánicos.

Un controlador discreto convencional tiene una operación programada fija, donde solamente se ajusta el set point y otros parámetros de control. Un PLC permite, mediante programación, una amplia gama de opciones de control, considerando para ello entradas tanto analógicas como digitales.

En la figura 9 se muestra el PLC.



Fig 9. Diferentes Modelos de PLC. [52]

Se define respecto a la instrumentación de control, los tres elementos básicos capaces de llevar a cabo el control secuencial o la regulación continua dentro del control de procesos industriales son llamado autómatas programables PLC, el ordenador industrial y los reguladores industriales (tanto en versión analógica como digital).

La utilización de los PLC ante las continuas mejoras del control realizado mediante ordenador se está dando su aplicación en la industria actual y es por ello que la tendencia en los próximos años sea la de continuar utilizando estos elementos.

En los complejos procesos industriales, se ha puesto de manifiesto la necesidad de cambiar el control de sistemas manuales por automático de tal forma que la automatización está contribuyendo en un sistema de control abierto donde se refleja la cooperación entre el operario y el controlador.[42]

En la figura 10 se muestra la interacción del operario.

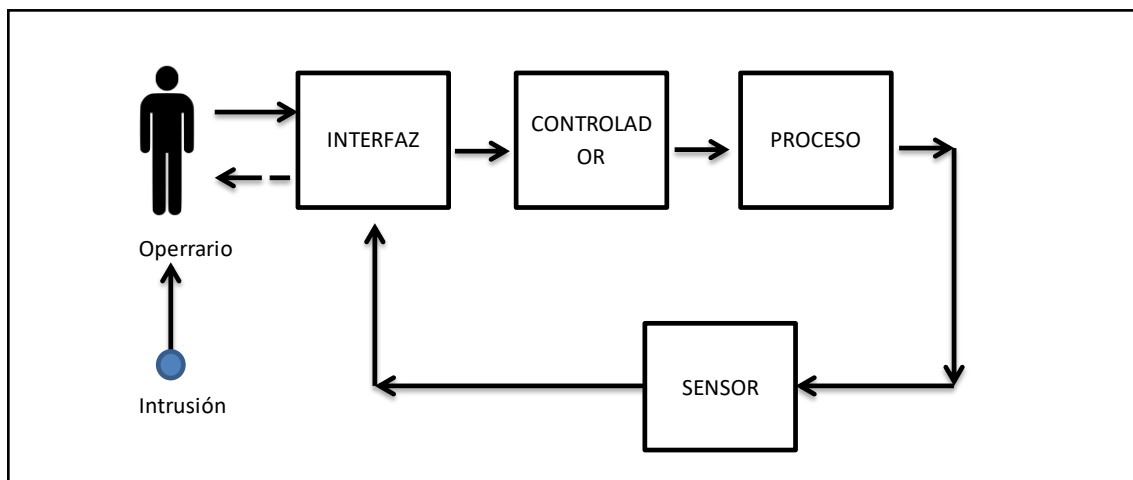


Fig 10. Interacción del operario con el proceso controlado. [42]

Como se muestra en la figura 8, el operario interactúa con el proceso controlado y puede ejercer tareas rutinarias de vigilancia sin intervención, tareas de inicio o paro del ciclo o interrupciones para modificar parámetros del algoritmo de control, lo que se destaca con este sistema es que se pueden diseñar simulaciones del proceso con mayor o menor realismo respecto al proceso industrial.

Una vez establecidos de forma clara el rol de la automatización y el tipo de interacción entre el elemento de control y el operario, la supervisión de un proceso indica el conjunto de acciones desempeñadas con el propósito de asegurar el funcionamiento correcto del proceso incluso en situaciones anómalas.

### 2.2.11.1 PLC. (Controlador Lógico Programable)

Un PLC (del inglés Programmable Logic Controller) es un dispositivo de estado sólido, diseñado para controlar secuencialmente procesos en tiempo real en un ámbito industrial

El control lógico programable “también conocido como Autómata programable” PLC. Es un dispositivo que controla maquinas o procesos y puede considerarse simplemente como una caja de control con dos filas terminales: entradas y salidas. Los terminales de salida proporcionan comandos para conectar a dispositivos como válvulas, solenoides, motores, lámparas indicadoras, indicadores acústicos y otros dispositivos de salida.[43]

Los terminales de entrada reciben señales de realimentación (feedback) para conexión a dispositivos como interruptores de láminas, disyuntores de seguridad, sensores de proximidad, sensores fotoeléctricos, pulsadores e interruptores manuales y otros dispositivos de entrada.

En la figura 11 se muestra el diagrama básico de bloques de un plc.

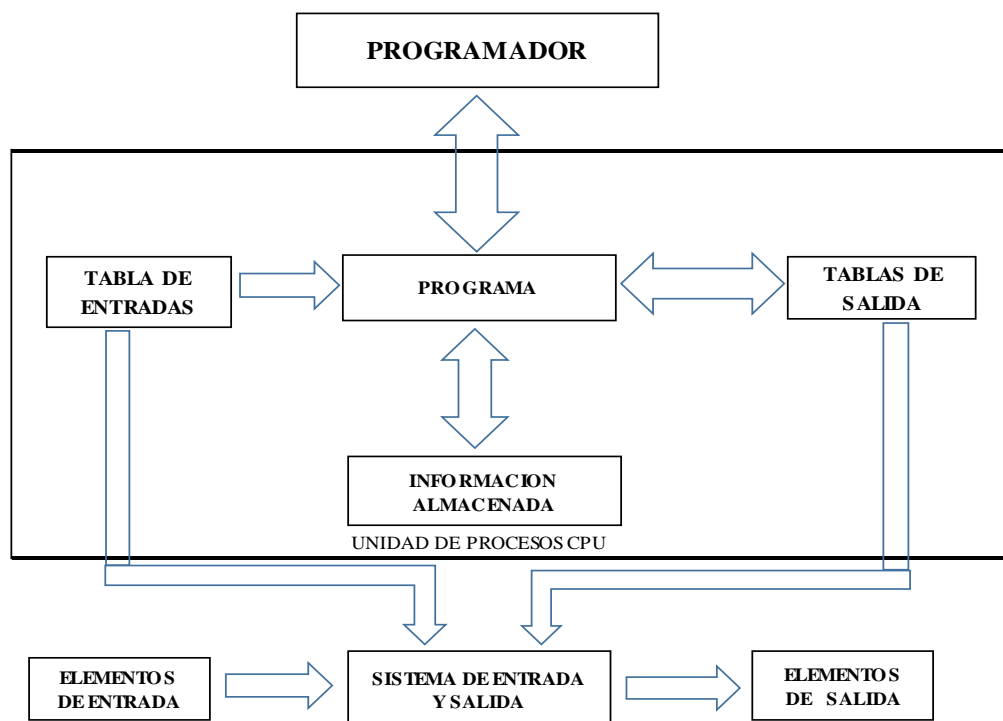


Fig 11. Diagrama básico de bloques de un PLC. [52]

Los PLC, son capaces de guardar instrucciones de secuencia, tiempos, conteos, aritmética y comunicación para controlar máquinas y procesos. Los controladores programables tienen muchas definiciones.

Sin embargo, los PLC pueden ser pensados en términos simples como computadores industriales con una arquitectura especialmente diseñada tanto en sus unidades centrales (el PLC como tal) y los circuitos de interfaz entre el PLC y los dispositivos de campo (conexiones de entrada/salida al mundo real).

Dentro de las funciones del PLC se puede mencionar:

- Adquirir datos del proceso por medio de las entradas digitales y analógicas.
- Tomar decisiones en base a reglas programadas.
- Almacenar datos en memoria.
- Generar ciclos de tiempo.
- Realizar cálculos matemáticos.
- Actuar sobre dispositivos externos mediante las salidas digitales y analógicas.
- Comunicarse con otros sistemas externos.

Sabemos que no todos los autómatas ofrecen las mismas ventajas sobre la lógica cableada, ello es debido, principalmente, a la variedad de modelos existentes en el mercado y las innovaciones técnicas que surgen constantemente. Tales consideraciones obligan a referirse a las ventajas que proporciona un autómata de tipo medio

#### ▪ **Ventajas**

- Menor tiempo empleado en la elaboración de proyectos, debido a que no es necesario dibujar previamente el esquema de contactos, es preciso simplificar las ecuaciones lógicas, ya que por lo general la capacidad de almacenamiento del módulo de memoria es lo suficientemente grande.
- La lista de materiales queda sensiblemente reducida, y al elaborar el presupuesto correspondiente eliminaremos parte del problema que supone el contar con diferentes proveedores, distintos plazos de entrega.
- Posibilidad de introducir modificaciones sin cambiar el cableado ni añadir aparatos.

- Mínimo espacio del tablero donde se instala el autómata programable.
- Menor costo de mano de obra de la instalación.
- Economía de mantenimiento, Además de aumentar la fiabilidad del sistema, al eliminar contactos móviles, los mismos autómatas pueden indicar y detectar averías.
- Posibilidad de gobernar varias máquinas con un mismo autómata.
- Menor tiempo para la puesta en funcionamiento del proceso al quedar reducido el tiempo de cableado.
- Si por alguna razón la máquina queda fuera de servicio, el autómata sigue siendo útil para otra máquina o sistema de producción.

### **2.2.12. Estructura de un PLC**

El PLC está gestionado por un sistema electrónico basado en un microprocesador encargado de procesar las señales del exterior, tanto de lectura como de escritura a través de los interfaces de entrada y salidas.

Para el funcionamiento óptimo y continuado del sistema electrónico, es necesaria una fuente de tensión. [43]

Un controlador lógico programable (PLC), es un equipo electrónico de control con un cableado interno (hardware) independiente del proceso a controlar, que se adapta a dicho proceso mediante un programa específico (software) que contiene la secuencia de operaciones a realizar. Esta secuencia de operaciones se define sobre señales de entrada y salida al proceso, cableadas directamente en los bornes de conexión del PLC.

Las señales de entrada pueden proceder a elementos digitales, como finales de carrera y detectores de proximidad, o analógicos, como sensores de temperatura y dispositivos de salida en tensión o corrientes continuas. Las señales de salida son órdenes digitales o señales analógicas de corriente o tensión, que se envían a los elementos indicadores y actuadores del proceso, como lámparas, contactores, válvulas, etc.

El PLC gobierna las señales de salida según el programa de control previamente almacenado en una memoria, a partir del estado de las señales de entrada. Este programa se introduce en el autómata a través de la unidad de programación, que permite además funciones adicionales como

depuración de programas, simulación, monitorización y control del PLC. Una característica notable del PLC frente a otros sistemas de control programables está en la estandarización de su hardware, que permite la configuración de sistemas de control a la medida, según las necesidades estimadas de potencia de cálculo y número y tipo de señales de entrada y salida.

Los PLC se componen esencialmente de los siguientes bloques:

### **2.2.12.1 Unidad de control o unidad central de proceso (CPU)**

Consulta el estado de las entradas y recoge de la memoria de programa la secuencia de instrucciones a ejecutar, elaborando a partir de ella las señales de salida u órdenes que se enviarán al proceso. Durante la ejecución del programa, las instrucciones son procesadas en serie, una tras otra. En otras palabras, la unidad de control, es la inteligencia del sistema, ya que mediante la interpretación de las instrucciones del programa de usuario y en función de los valores de entrada, activa las salidas deseadas. La unidad de control también es la responsable de actualizar continuamente los temporizadores y contadores internos que hayan sido programados.

- **Memoria**

Contiene los datos o instrucciones que se necesitan para ejecutar la tarea de control.

- **La fuente de alimentación**

Proporciona, a partir de la tensión exterior, las tensiones necesarias para el buen funcionamiento de los distintos circuitos electrónicos del sistema. En ocasiones el autómatas puede disponer de una batería conectada a esta fuente de alimentación, lo que asegura el mantenimiento del programa y algunos datos en la memoria en caso de una interrupción de la tensión exterior.

- **La sección de entradas**

Mediante el interfaz, adapta y codifica en forma comprensible por la CPU las señales procedentes de los dispositivos de entrada o captadores, esto es, pulsadores, finales de carrera, sensores, etc. También tiene una misión de protección de los circuitos electrónicos internos del autómatas, realizando una separación eléctrica entre éstos y los captadores.

- **La sección de salidas**

Mediante el interfaz, trabaja en forma inversa a la de entradas, es decir, decodifica las señales procedentes de la CPU, las amplifica y controla con ellas los dispositivos de salida o actuadores, como lámparas, relevadores, contactores, arrancadores, electroválvulas, etc., aquí también existen unas interfaces de adaptación a las salidas y de protección de circuitos internos.

En la figura 12 se muestra la estructura de un PLC

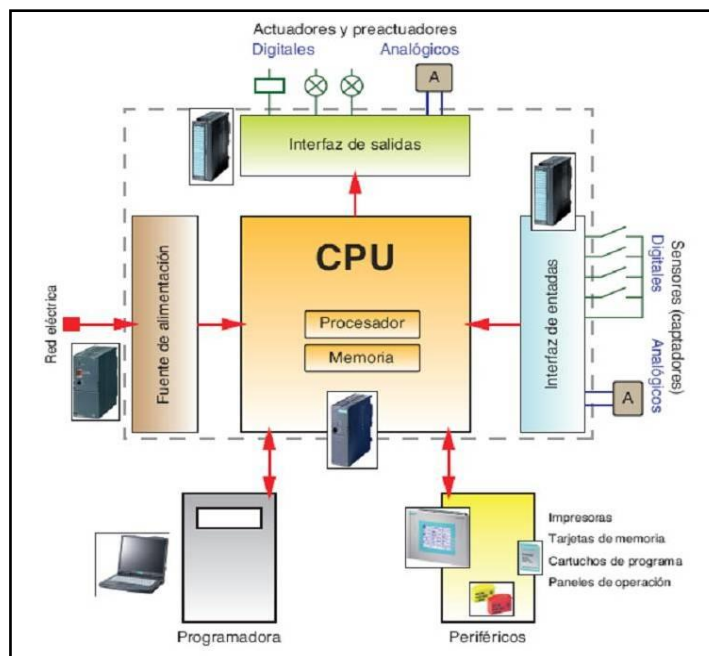


Fig 12. Estructura del PLC. [52]

La finalidad de la propuesta del diseño de implementación de automatizar parte de la línea de producción como lo es el área de corte, es obtener mejoras productivas con el sistema automatizado por PLC, que tenga mejoras en su eficiencia y rendimiento para obtener la máxima productividad.

## 2.2.13. Instrumentación y equipos para sistemas automatizados

### 2.2.13.1 Arrancadores y variadores de velocidad electrónicos

El control de los motores eléctricos mediante conjuntos de conmutación “todo o nada” es una solución bien adaptada para el accionamiento de una amplia gama de máquinas. No obstante, conlleva limitaciones que pueden resultar incómodas en ciertas aplicaciones:

- El pico de corriente en el arranque puede perturbar el funcionamiento de otros aparatos conectados a la red.
- Las sacudidas mecánicas que se producen durante los arranques y las paradas pueden ser inaceptables para la máquina así como para la seguridad y comodidad de los usuarios.
- Funcionamiento a velocidad constante. Los arrancadores y variadores de velocidad electrónicos eliminan estos inconvenientes. Adecuados para motores de corriente tanto alterna como continua, garantizan la aceleración y deceleración progresivas y permiten adaptar la velocidad a las condiciones de explotación de forma muy precisa.

A continuación, en la figura 13 se muestra la simbología de tipos de variadores y en la figura 14 la estructura general de un variador.

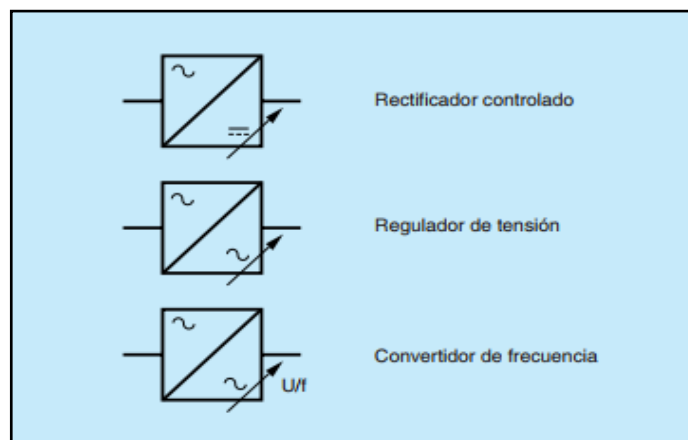


Fig 13. Simbología de los principales tipos de variadores [22]

Estructura general de un variador figura 14.

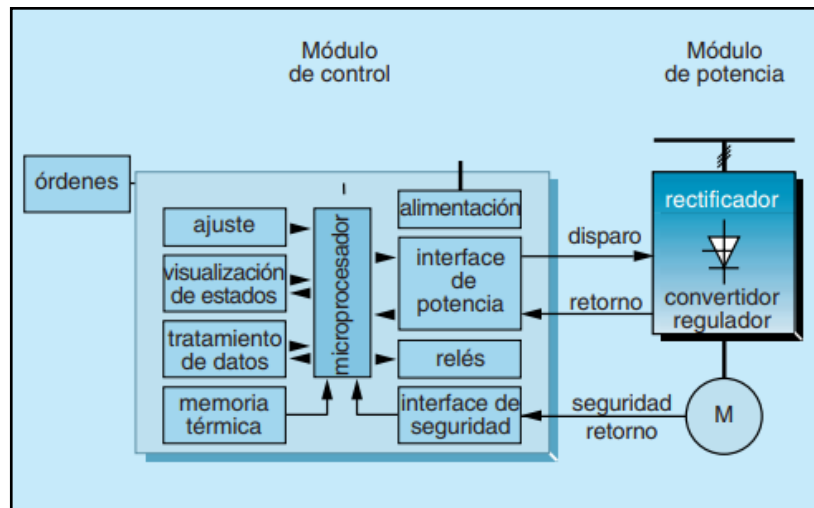


Fig 14. Estructura general de un variador. [22]

Funciones de los variadores de velocidad:

**Aceleración controlada:** la aceleración del motor se controla por medio de una rampa de aceleración lineal o en forma de S. Generalmente la rampa puede regularse y por tanto permite variar el tiempo de aceleración.

**Variación de la velocidad:** Un variador de velocidad puede no ser al mismo tiempo un regulador. En este caso, se trata de un sistema dotado de un control con amplificación de potencia pero sin bucle de retorno. Se denomina “sistema en lazo abierto”

**Regulación de la velocidad:** Un regulador de velocidad es un variador con seguimiento de velocidad. Dispone de un sistema de control con amplificación de potencia y bucle de retorno. Se denomina “sistema en lazo cerrado”

En la figura 15 se muestra el principio de la regulación de la velocidad.

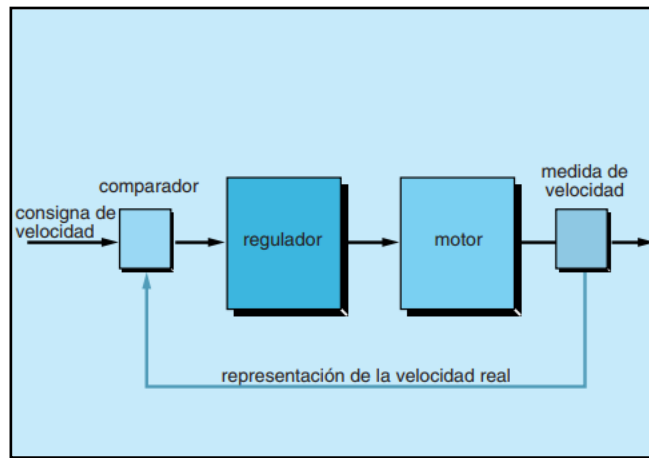


Fig 15. Principio de la regulación de la velocidad. [22]

### 2.2.13.2. Motores eléctricos

Es una máquina que transforma energía eléctrica recibida de la red en energía mecánica rotacional en el eje. De esta forma se puede accionar cualquier tipo de carga mecánica, siempre y cuando tengamos disponibilidad de una red eléctrica.

El motor de inducción es el más común y prácticamente todas las aplicaciones industriales pueden realizarse con este motor, generalmente el tipo:

Jaula de Ardilla. O con rotor en cortocircuito.

Es tan generalizado su uso, que pasamos por alto muchos aspectos en el momento de la selección y aplicación del mismo. En las siguientes líneas se darán algunas indicaciones importantes que ayudarán a hacer estas labores más técnicas y más eficientes desde el punto de vista de operación de una industria.

¿Por qué el motor jaula de ardilla? Dentro del universo de motores eléctricos, el motor jaula de ardilla es el más común y de uso más generalizado por diversas razones:

Bajo costo, Bajo mantenimiento, fácil de adquirir, alto grado de protección, pocos componentes, robusto, etc.

En la figura 16, se muestra las características del motor jaula de ardilla.



Fig 16. Motor jaula de ardilla. [18]

Para garantizar una adecuada selección de motor, es importante conocer el significado de grado de protección IP, definido según normas internacionales.

IP significa INTERNAL PROTECTION y determina el grado de protección (mecánico) o de encerramiento del motor. Viene seguido de dos cifras características; la primera de ellas indica la protección contra el ingreso de cuerpos sólidos y la segunda indica la protección contra el ingreso de líquidos. Los siguientes son los más comunes

IP21: Protegido contra contacto con los dedos, contra ingreso de cuerpos sólidos mayores que 12 mm y contra gotas verticales de agua.

IP22: Protegido contra contacto con los dedos, contra ingreso de cuerpos sólidos mayores que 12 mm y contra gotas de agua hasta una inclinación de 15° vertical.

IP55: Protegido completamente contra contacto, contra acumulación de polvos nocivos y contra chorros de agua en todas las direcciones. Asimismo, se describe las Normas del fabricante según su procedencia de manufactura.

Las normas de fabricación de motores.

Existen dos normas bajo las cuales se fabrican los motores.

**IEC** Comisión Electrotécnica Internacional que es acogida por la gran mayoría de países y especialmente los europeos.

**NEMA** Asociación Nacional de Fabricantes de Equipos Eléctricos. Es una norma nacional de Estados Unidos, pero es común en muchos países americanos.

Hay varias diferencias en la construcción dependiendo de la norma, pero lo más significativo es que mientras que las dimensiones según IEC son en milímetros, según NEMA son en pulgadas. Por esta razón, la intercambiabilidad no es inmediata.

- **Rendimiento**

El rendimiento y el factor de potencia varían con la carga. En todos los casos conviene disponer de las características del motor, entregadas por el fabricante.

- **Velocidad. (n)**

La velocidad de los motores depende del número de polos y de la frecuencia de la red seguidamente se señalan

#### **2.2.14. Selección correcta de la potencia del motor**

El primer paso para el ahorro de energía en motores eléctricos es que la potencia nominal del motor sea debidamente seleccionada. Se recomienda que la potencia nominal este sobredimensionada en 5 a 15% respecto a la potencia de operación del motor, con el objetivo de que el motor opere con una eficiencia y un factor de potencia adecuados. Si el motor seleccionado está sobredimensionado por encima del 25% la potencia de operación, resultara que el factor de potencia del motor disminuirá, lo que incrementara la corriente del motor, aumentando las pérdidas en las líneas y el consumo de la potencia reactiva.

Los procedimientos para el cálculo de la potencia dependen del tipo de carga del motor, siendo el tipo más común de carga la de servicio continuo. Los tipos de Servicio continuo pueden ser de carga constante ó de carga variable. Para las cargas de servicio continuo con carga constante se recomienda seleccionar una potencia nominal de aproximadamente 15 % mayor a la carga

constante del motor. Cuando la carga es de servicio continuo con carga intermitente para la selección de la potencia se pueden usar varios métodos de cálculo: método de las pérdidas promedio, método de la corriente equivalente, método del momento equivalente y el método de la potencia equivalente. [18]

### **2.2.15. Aspectos a tomar en cuenta durante la selección de un motor eléctrico**

#### **▪ Elección del Voltaje correcto**

Para garantizar una performance económica y confiable hay que asegurarse que el motor opere alimentado con la tensión de placa, si la tensión en bornes difiere de ésta, puede reducirse la eficiencia del motor generándose un calor adicional que acortará la vida del motor al afectar al aislamiento y al sistema de lubricación.

#### **▪ Desbalance de tensiones**

En la práctica se demuestra que un pequeño desbalance de tensiones causa un gran desbalance de corrientes. A carga nominal el porcentaje de desbalance de corriente puede variar entre 6 a 10 veces el desbalance porcentual de la tensión. Por lo tanto, ante la presencia de un desbalance en la tensión de alimentación mayor de 1% se debe efectuar una reclasificación de la potencia del motor. La Norma Nema incluye en sus prescripciones una gráfica para la reclasificación en este caso, (Esta misma curva se puede encontrar en las recomendaciones de aplicación de EASA) Por ejemplo; si existe un desbalance de 3.5% en la red, el motor debe reclasificarse (de acuerdo a Nema) al menos a 85%, es decir un motor de 100 Hp, solo podrá entregar en estas condiciones 85Hp. Desbalances mayores al 5% no son admisibles.

#### **▪ Mejorar la calidad de la energía eléctrica de la instalación**

Los motores eléctricos de inducción están diseñados y fabricados para operar en las condiciones especificadas en la placa de características, llamadas condiciones nominales. Asimismo, deben ser alimentados con un sistema trifásico simétrico de tensiones de forma de onda sinusoidal y de magnitud similar a la nominal, es decir el sistema debe tener una calidad de la potencia eléctrica perfecta. Sin embargo los sistemas eléctricos industriales generalmente no presentan las condiciones ideales ni en simetría, forma de onda y magnitud es decir tiene una calidad de potencia

eléctrica disminuida, los fenómenos de calidad de la potencia eléctrica que se presentan con mayor frecuencia son: tensión simétrica y de magnitud mayor o menor que la tensión de placa, tensión desequilibrada es decir las tres fases presentan magnitudes diferentes y forma de onda de la tensión distorsionada es decir no es una onda sinusoidal pura.

### **2.2.16. Sensores**

Un sensor es un dispositivo capaz de detectar señales de determinadas magnitudes (variables o señales de entrada) y transformadas en otras magnitudes (variables o señales de salida) que usualmente son señales de tensión o corriente y que pueden ser entendidas por un controlador. [44]

Las variables de un proceso industrial son aquellas magnitudes que van a ser controladas y supervisadas, pues afectan directa o indirectamente al comportamiento del sistema automático. Estas variables son muy diversas dependerán en todo momento del tipo de proceso a controlar y siempre estarán condicionadas por su entorno (condiciones ambientales, influencia de otras variables. [44]

Para el tipo de temperatura TM se utiliza un sensor de temperatura:

- **PT100**

Un Pt100 es un sensor de temperatura hecho con un alambre de platino que a 0 °C tiene 100 ohm y que al aumentar la temperatura aumenta su resistencia eléctrica. Un Pt100 es un tipo particular de RTD. (Dispositivo Termo Resistivo). Por otra parte, los Pt100 siendo levemente más costosos y mecánicamente no tan rígidas como las termocuplas, las superan especialmente en aplicaciones de bajas temperaturas. (-100 a 200 °). Los Pt100 pueden fácilmente entregar precisiones de una décima de grado con la ventaja que la Pt100, no se descompone gradualmente entregando lecturas erróneas, si no que normalmente se abre con lo cual el dispositivo medidor detecta inmediatamente la falla del sensor y da aviso. [38]

## ▪ **Clasificación de algunas variables a controlar en un proceso industrial**

- Variables térmicas (temperatura)
- Variables de radiación (radiación electromagnética)
- Variables de velocidad (aceleración)
- Variables de tiempo (frecuencia)
- Variables físicas (peso)
- Variables eléctricas (tensión)

### **2.2.17. Sensores Industriales**

#### **2.2.17.1 Sensores Capacitivos**

Un sensor capacitivo es un elemento utilizado para la detección de cuerpos metálicos y no metálicos. Su funcionamiento se basa en un oscilador, el condensador del cual, está formado por dos electrodos situado en la parte delantera del aparato. Se utiliza para detectar materiales aislantes y conductores, la masa de un objeto líquido o sólido. [44]

#### **2.2.17.2 Sensores inductivos**

Un sensor inductivo es un elemento utilizado para la detección de cuerpos metálicos. Se utilizan siempre para detectar (siempre sin contacto físico) únicamente materiales conductores. La distancia de detección dependerá en todo momento de las características metálicas de la pieza a detectar de la temperatura y del alcance nominal del propio detector.

Los detectores de proximidad inductivos aportan numerosas ventajas:

- Compatibilidad con los automatismos electrónicos.
- Durabilidad independiente del número de ciclos de maniobra.
- Adaptación a ambientes húmedos, corrosivos y con atascos.

A continuación, se muestra en la figura 17 el funcionamiento de sensor inductivo.

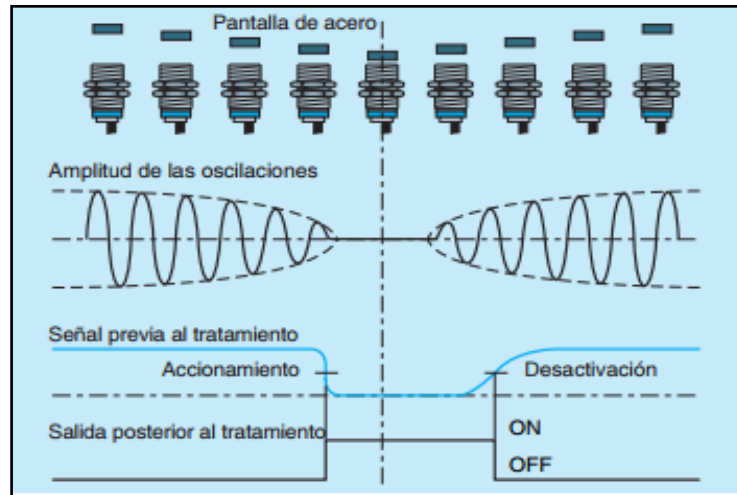


Fig 17. Funcionamiento de un detector inductivo. [53]

### 2.2.17.3 Sensores Fotoeléctricos

Es un elemento utilizado para la detección de cualquier tipo de cuerpo (metálico y no metálico), son detectores tipo barrera y sistema Réflex. Se muestra en la figura 18.

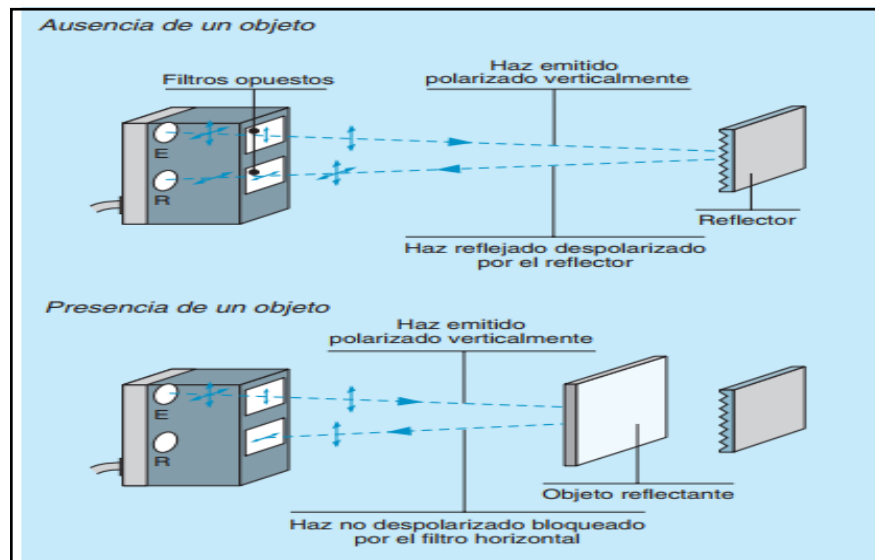


Fig 18. Principio del sistema réflex polarizado. [53]

#### 2.2.17.4 Sensores Resistivos

Se trata de un tipo de sensor que se basan en la variación de la resistencia (potenciómetros, termistores)

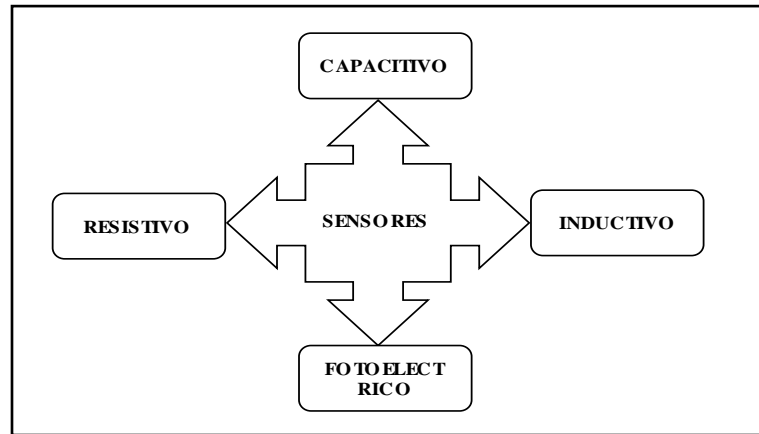


Fig 19. Tipos de sensores. [44]

Estos tipos de sensores son utilizados en los sistemas automáticos de los procesos industriales.

#### 2.2.18. Otros dispositivos de control y seguridad

##### 2.2.18.1 Pulsadores e Interruptores

Los interruptores y los pulsadores son dispositivos eléctricos utilizados para la apertura y cierre (conexión y desconexión) de circuitos de carga cuando las condiciones de funcionamiento son normales. Se trata de componentes de mando manual por lo que su activación depende siempre de la intervención de una persona u operario. Suelen estar asociados a los circuitos de maniobra de las instalaciones de automatismos industriales. [44]

A continuación, se muestra la simbología en la figura 20.


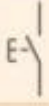

	Símbolo genérico
Interruptor	-S 
Pulsador	-S 
Resistencia variable (regulador)	-R 

Fig 20. Simbología de interruptores y pulsadores. [44]

### 2.2.18.2 Contactor

El contactor es un dispositivo de conexión y desconexión de circuito de fuerza, utilizado en prácticamente la totalidad de las instalaciones de automatismos industriales para controlar la apertura o cierre de la alimentación eléctrica hacia los receptores terminales de los circuitos.

Se trata de un componente de mando automático dado que ningún operario de las instalaciones interactúa u opera directamente sobre este dispositivo.

En la figura 21, se muestra los contactos de un contactor.

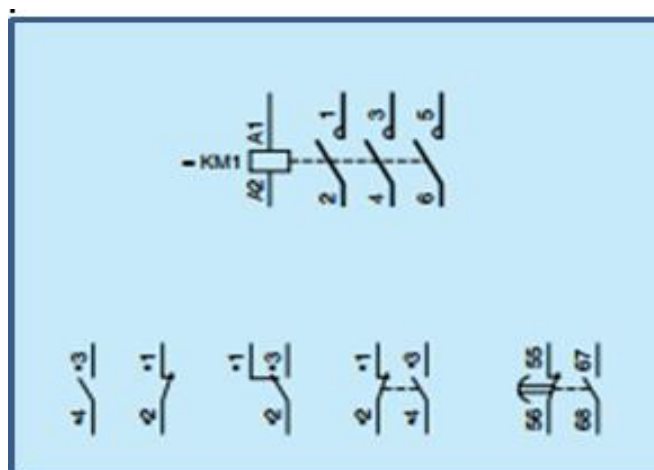


Fig 21. Representación simbólica de un contactor. [44]

### **2.2.19. Diseño asistido por computadora**

Según el artículo “diseño asistido por computador industrial” El diseño es una actividad que se proyecta hacia la solución de problemas planteados por el ser humano en su adaptación al medio que lo rodea, para la satisfacción de sus necesidades, para lo cual utiliza recursos como la tecnología CAD/CAE/CAM. Estas tecnologías se vienen aplicando a través de los métodos de la ingeniería concurrente. La técnica más desarrollada en la ingeniería asistida por computador (CAE), es la aplicación de los análisis por elementos finitos (FEA), que con la mejora de los equipos de cómputo se ha convertido en técnicas accesibles para todos los usuarios. Estas técnicas son usadas industrialmente desde el diseño hasta la fabricación consiguiendo optimizar costos, calidad, tiempo, seguridad, etc. [60]

El diseño de un objeto debe realizarse respetando normas nacionales e internacionales como: ANSI (American National Standards Institute), ASME (American Society of Mechanical Engineers, ISO (Internacional Standards Organization), STEP (Standard for the Exchange of Product Data), HTML (Hyper Text Markup Language), etc. La figura 1 se presenta el proceso lineal general seguido en un proceso de diseño en ingeniería, en las diversas etapas existirá retroalimentaciones.[60]

SolidWorks. Es un programa de diseño asistido por computadora para modelado mecánico desarrollado en la actualidad por SolidWorks Corp. para el sistema operativo Microsoft Windows. Es un modelador de sólidos paramétrico. Fue introducido en el mercado en 1995. [61]

El programa permite modelar piezas y conjuntos y extraer de ellos tanto planos técnicos como otro tipo de información necesaria para la producción. Es un programa que funciona con base en las nuevas técnicas de modelado con sistemas CAD. El proceso consiste en trasvasar la idea mental del diseñador al sistema CAD, "construyendo virtualmente" la pieza o conjunto. Posteriormente todas las extracciones (planos y ficheros de intercambio) se realizan de manera bastante automatizada. [62]

El software de diseño en 3D SolidWorks le ayuda a diseñar mejores productos con mayor rapidez. Cuando existen buenas ideas para un producto, dispondrá de las herramientas que precisa para diseñarlo en menos tiempo y a un menor coste.

Para el desarrollo de la presente tesis se utilizará el software de CAD y Solidworks como se indica en los artículos adjuntos y tesis son programas entendibles, claros ya a menor coste.

### **2.2.20. Diagrama Hombre máquina**

El diagrama de procesos 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 del tiempo del trabajador y de la máquina, así como a obtener un mejor balance del ciclo de trabajo.[49]

Muchas máquinas herramienta son totalmente automáticas (la máquina de tornillo automático) o Semiautomáticas (el torno de torreta). Con este tipo de equipos, el operador muy a menudo está desocupado en una parte del ciclo. La utilización de este tiempo ocioso puede incrementar las ganancias del operador y mejorar la eficiencia de la producción.

Cuando se elabora el diagrama de procesos hombre-máquina, en primer lugar el analista debe identificar el diagrama con un título tal como Diagrama de procesos hombre-máquina. Información adicional acerca de la identificación podría incluir el número de parte, el número de diagrama, la descripción de la operación, el método actual o propuesto, la fecha y el número de la persona que elabora el diagrama.

El Diagrama Hombre Maquina. Es la representación sobre una escala de tiempo de la secuencia sincronizada de actividades realizadas por el hombre y por la máquina que él opera. Se utiliza para la detección de oportunidades de mejora en una estación de trabajo (tomando en cuenta que los tiempos allí mostrados están normalizados), ya que a partir de él se puede evidenciar el grado de utilización de cada uno de los elementos del sistema, con el fin de incrementar la productividad del proceso, y formular acciones tendientes a lograr la optimización del uso de los recursos utilizados a su máxima capacidad, y lograr efectos positivos en los indicadores de gestión, tales como: rentabilidad, y competitividad, mediante el cálculo del costo unitario de producción y de los niveles de producción alcanzados. Otros beneficios de la utilización del Diagrama Hombre-Máquina como herramienta para el mejoramiento de la productividad de los procesos, es la observación cuidadosa

de los movimientos realizados por el operario, con el fin de respetar los principios ergonómicos del puesto de trabajo. [46]

Es importante destacar que los Diagramas Hombre-Máquinas en la actualidad están siendo utilizados para la aplicación de herramientas tecnológicas en pro del mejoramiento de la productividad en las empresas.

Según el artículo “Indicadores Productivos” que se utilizan en las empresas manufactureras y las formulas con las que se puede calcular:

- **OEE - Eficiencia global de la maquina**

Es una medida de la capacidad de una máquina para realizar la operación de acuerdo con los estándares de calidad, en la frecuencia deseada y sin interrupciones.

Mide la disponibilidad, eficiencia y ratio de calidad de un equipo para un producto dado. La disponibilidad está afectada por las averías, ajustes, encendidos, arranques y paradas de máquina. En la eficiencia influyen las pérdidas de velocidad y el ritmo de trabajo de la máquina. [14]

Se muestra la ecuación 12. La eficiencia global del equipo.

$$OEE(\%) = Disponibilidad \times Eficiencia \times FTT \dots\dots\dots (ec. 12).$$

Donde:

$$Disponibilidad = \frac{Tiempo\ operativo}{Tiempo\ disponible\ de\ la\ maquina} \dots\dots\dots (ec. 13)$$

El tiempo disponible de la maquina es aquel en que la maquina podría estar fabricando teóricamente, es decir el tiempo en que la fábrica está abierta menos los descansos reglamentarios (en un turno de 8 horas con media hora de descanso el tiempo disponible es de 7,5 horas)

- **El tiempo operativo**

Es el tiempo disponible neto menos las paradas realizadas, ya sean por mantenimiento preventivo, averías, paradas por cambio de lotes etc.

- **El tiempo de ciclo**

Es el tiempo de fabricación de la maquina (en horas / pieza)

$$Eficiencia = \frac{t_{ciclo} \times Unidades\ entrantes}{Tiempo\ operativo} \dots\dots\dots ( ec. 14)$$

Eficiencia

El diagrama de procesos hombre-máquina se utiliza para estudiar, analizar y mejorar una estación de trabajo a la vez. El diagrama muestra a 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 del tiempo de trabajador y de la máquina, así como a obtener un mejor balance del ciclo de trabajo. [49]

En razón que los diagramas hombre – máquina se dibujan siempre a escala, en analista debe seleccionar una distancia en centímetros o pulgadas para estar de acuerdo con una unidad de tiempo tal que el diagrama pueda distribuirse adecuadamente. Una vez hecho esto, el diagrama puede empezar a ser dibujado. [49]

Antes de construirse, debe realizarse un estudio de tiempos detallado. Los tiempos mostrarán valores que deben representar tiempos estándar que incluyan una tolerancia aceptable para la fatiga, retrasos inevitables y retardos del personal. [49]

El diagrama hombre máquina muestra claramente las áreas en las que ocurre el tiempo ocioso de la máquina y el tiempo ocioso del trabajador. Por lo general, estas áreas son un buen lugar para comenzar a llevar a cabo las mejoras. Además de ello, debe analizar el costo de la máquina ociosa vs el costo del trabajador ocioso para reforzar su decisión y posibles planes de mejora.

Los principales indicadores que se pueden extraer de un diagrama hombre maquina. [30]

En la siguiente ecuacion se muestra .

$$E_m = \frac{\text{Tiempo de ciclo maquina}}{\text{Tiempo total del ciclo}} \times 100 \dots\dots\dots(\text{e.c. 15}).$$

$E_m$ : Eficiencia de la máquina.

▪ **Saturación del operario**

Para el desarrollo de la saturacion del operario se emplea la ecuacion .[30]

$$S_o = \frac{\text{Tiempo de trabajo del hombre}}{\text{Tiempo total de ciclo}} \times 100$$

En la figura 22. se muestra un ejemplo de formato de Diagrama hombre máquina.

DIAGRAMA HOMBRE MAQUINA					
Operación				FECHA	
Maquina				REALIZADO	
Área				SUPERVISADO	
		Escala			
Operario		1div-0,5min	MI		M2
Servicio para máquina M1			Prep		Ocio
					Ocio
					Ocio
					Ocio
					Ocio
					Ocio
Servicio para máquina M1			Maq		Prep
				Ocio	
Servicio para máquina M1			Prep		Maq
					Ocio
Servicio para máquina M1			Maq		
				Ocio	
				Ocio	

Fig 22. Diagrama Hombre Maquina [46]

### 2.2.21. Diagrama de espina de pescado

Esta herramienta no ofrece respuesta a una pregunta, como el análisis de Pareto, diagramas Scatter o histogramas; en el momento de generar el diagrama causa-efecto, normalmente se ignora si estas causas son o no responsables de los efectos. [47]

Por otra parte, un diagrama causa-efecto bien organizado sirve como vehículo para ayudar a los equipos a tener una concepción común de un problema complejo, con todos sus elementos y relaciones claramente visibles a cualquier nivel de detalle requerido.

Este diagrama se debe utilizar cuando se pueda contestar “Sí” a una o a las dos preguntas siguientes:

¿Es necesario identificar las causas principales de un problema?

¿Existen ideas y/u opiniones sobre las causas de un problema?

Para la elaboración del diagrama es posible proceder de dos formas: con la primera se trata de enlistar todos los problemas identificados, tipo “lluvia de ideas”, y de esta manera intentar jerarquizar cuáles son principales y cuáles son sus causas; la otra forma consiste en identificar las ideas principales y ubicarlas directamente en los “huesos primarios” y después comenzar a identificar causas secundarias, que se ubicaran en los “huesos pequeños”, que se desprenderán todos de las ramas principales.

### **2.2.22. Estudio de tiempos**

El estudio de métodos y tiempos también es denominado estudio del trabajo y data desde la Revolución Industrial, por la necesidad de nuevas formas de organizar y administrar las Industrias en crecimiento, en tanto que también se vio estimulado por el aumento de la producción – especialmente en los Estados Unidos - tras la culminación de la segunda guerra mundial. [49]

Según Niebel y F, Taylor. Es considerado como el fundador moderno del estudio de tiempos en Estados Unidos. Sin embargo, no se desconocen los significativos aportes realizados por Jean Rodolphe Perronet en 1760 en la fabricación de clavos número 6 y por el matemático Británico Charles Babbage en 1820, también en la manufactura de clavos. Resaltan entre los autores que aportan al estudio de tiempos y movimientos los esposos Frank y Liliana Gilbreth, su técnica de estudio de movimientos consistió justamente en identificar los movimientos realizados por el trabajador en cada operación, para quitar los innecesarios y simplificar los necesarios, de forma que se pudiese estandarizar el proceso de desarrollo de la tarea.[48]

Para el desarrollo del estudio de métodos y tiempos, se tomó como referente la metodología propuesta por la OIT (Organización Internacional del Trabajo), la cual se estructura de tres fases. [50]

Se observa en la Figura 23.

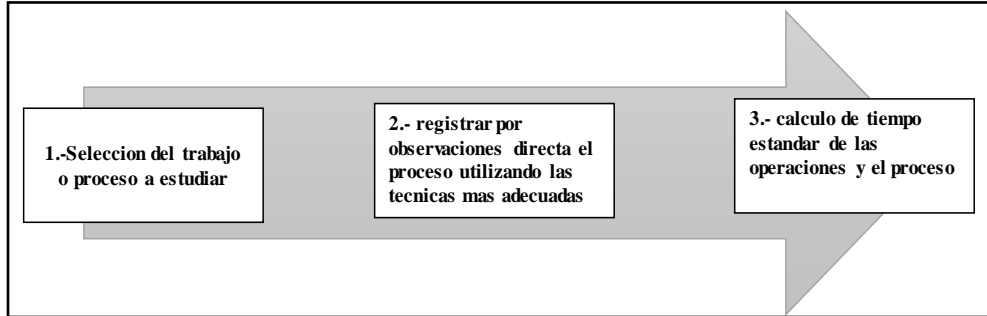


Fig 23. Estructura metodológica. [50]

**Etapa 1.** Selección del trabajo o puesto a estudiar. En esta etapa se realizó un estudio detallado sobre el proceso de fabricación de los productos. En primera instancia se diseñó un instrumento para la recolección de datos históricos sobre la demanda que han tenido los diferentes productos que ofrece la empresa, con el fin de determinar cuál de ellos posee la mayor venta actualmente y tomar dicho producto como base para el estudio de métodos y tiempos. [50]

**Etapa 2.** Registrar por observación directa el proceso utilizando las técnicas más adecuadas. Luego de la selección del puesto a estudiar y de la realización de la descripción del proceso para la elaboración del producto seleccionado, se dividió dicho proceso en diferentes operaciones y a su vez estas operaciones se dividieron en unos elementos de actividad. En seguida se realizó una toma inicial de cinco datos de los tiempos de ejecución de cada uno de estos elementos de actividad y a partir de la toma inicial de datos se realizó el cálculo de la muestra final, para determinar el número necesario de datos para el estudio de tiempos, el cual se calculó a partir de la ecuación 17, estipulada para dicho fin por la OIT y que para este caso arrojo que se deben tomar 21 datos. [49]

$$n = \left( \frac{40 \sqrt{(n^i \sum x^2 - \sum(x)^2)}}{\sum x^2} \right)^2 \dots \dots \dots (\text{ec. 17})$$

El cálculo de esta muestra en la ecuación 17.

n: Tamaño de la muestra que deseamos determinar.

n': Número de observaciones del estudio preliminar.

$\sum$ : Suma de los valores.

X: Valor de cada una de las observaciones.

40: Constante para un nivel de confianza del 95% y un margen de error de más menos 5%.

Las Observaciones preliminares deberán superar al número de observaciones requeridas para validar el tamaño de la muestra.

Una vez medido el tiempo promedio con la cantidad de observaciones requeridas, se procede a determinar el tiempo normal.

El tiempo normal es el tiempo en que el trabajador efectúa una labor en u ritmo considerado normal y satisfaciendo tanto al operario como la empresa. [49]

A continuación, en la ecuación 18 se calcula el tiempo Normal.

$$\text{Tiempo Normal} = \text{Tobservado} \times \text{Valoración} \dots\dots\dots (\text{ec. 18})$$

La valoración o factor de calificación es un factor que ajusta el tiempo observado a un tiempo considerado normal.

Valoración

A continuación, se muestra en la figura 24. Diseño siguiendo los lineamientos de la metodología.

Descripción del elemento	V	C	TR	TB
--------------------------	---	---	----	----

Fig 24. Esquema del formato de tiempos. [55]

Dónde:

V: Factor de valoración del observador. Es el valor que el evaluador determina al desarrollo de la actividad teniendo en cuenta la guía para calificar la velocidad expuesta.

C: Cronómetro. Es la medición exacta del tiempo necesario para el desarrollo de la actividad.

T.R.: Tiempo reloj. Es restar el cronometraje del elemento al cual se va hallar el tiempo básico con el cronometraje del elemento anterior.

T.B.: Tiempo básico o Normal. Es el valor del tiempo reloj multiplicado por el factor de valoración y dividirlo en 100. [55]

Etapa 3. Cálculo de tiempo estándar de las operaciones y el proceso. Con base en la información obtenida en la etapa anterior sobre los tiempos básicos o normales de los elementos de actividad, en primera instancia se procedió a calcular el tiempo normal para cada etapa del proceso, sumando los tiempos normales de cada uno de los elementos de actividad que componen la etapa. Posteriormente se realizó el cálculo de los suplementos de trabajo, los cuales se determinan según las condiciones y/o factores que intervengan en la ejecución de cada una de las etapas del proceso. Finalmente se calculó el tiempo estándar ( ecuación 19), tanto para cada etapa del proceso como para el proceso en general, donde acá tiempo básico o normal se les agregó el tiempo correspondiente a los suplementos de trabajo.

Ecuación 19. Calculo de tiempo estándar.[55]

$$TE=TB*(1+ \text{Factor de suplementos})\dots\dots\dots (\text{ec. 19})$$

TE: Tiempo estándar.

TB: Tiempo normal.

El tiempo normal es el tiempo que se invierte en ejecutar una operación a actividad normal. No obstante, durante la jornada, el operario tiene que realizar otro tipo de tareas que únicamente operar en su puesto de trabajo: tiene que ir al aseo, se fatiga, tiene que resolver incidencias, limpiar su puesto equiparse con la indumentaria de seguridad, etc. [12]

### **III. RESULTADOS**

#### **3.1. Realizar un Diagnóstico del estado actual de la línea de producción de sacos de polipropileno**

En esta etapa consistió en realizar un diagnóstico de la situación actual de la empresa, dando énfasis al área de corte de sacos donde se enfocará la investigación. La estructura parte desde el rubro de la empresa, ubicación, productos, volumen, que ofrece la empresa asimismo su forma de trabajo, maquinaria, instalaciones para luego continuar a realizar el diagnóstico y proceder a la construcción de un diagrama Ishikawa que nos permita identificar las causas de la problemática de la baja productividad de corte de sacos de polipropileno. Esto nos llevara a poder evidenciar demostrando con resultados medibles que permitan ver el impacto económico que generan a la empresa.

##### **3.1.1. Descripción General de la empresa**

La empresa Perusac E.I.R.L, Es una empresa del rubro textil ubicada en la ciudad de Chiclayo, situada en la carretera a San José Km 3,2 las palmas Pimentel. Fundada el 03 de abril de 2007, por el Sr. Hugo Urbina Valdivieso, dueño y gerente de la empresa actualmente dedicada a la producción y comercialización de sacos de polipropileno teniendo actualmente doce años en el mercado nacional. Sus principales clientes están ubicados en los departamentos de Piura, Chiclayo, la libertad, los cuales se dedican a la comercialización y producción de tubérculos y menestras.

A continuación, una breve descripción de la empresa donde se está llevando a cabo la investigación.

- Nombre de la empresa: Peruscac E.I.R.L
- Ruc: 20479781908
- Actividad Económica: fabricación y Comercialización de sacos de polipropileno, utilizados en cosecha de arroz, camote y exportación de menestras.
- Principales competidores: actualmente cuenta con 4 empresas que son su competencia directa. (procomsac, sacos del águila, Savoy, sacos del norte).

En la figura 25 se muestra la ubicación de la empresa.



Fig 25. Ubicación geográfica de la empresa km 3,2 –san José – Pimentel. [56]

### a. Estructura Organizacional

La empresa a la actualidad cuenta con un organigrama estructurado, pero si se identifican los aspectos que forman la columna vertebral de la organización como es:

- Gerente general
- Asistente
- Producción.

Gerencia está contemplada en las negociaciones que se realizan para la adquisición de materia prima, insumos, repuestos, ventas.

El departamento de producción, es quien supervisa y controla los procesos, maneja la logística de ingreso y salida de productos en comunicación con gerencia para proyección de ventas y programación de producción.

### **3.1.2. Descripción del sistema de producción**

#### **▪ Productos**

La empresa comercializa su producto a clientes de la región norte en los departamentos de Piura, Lambayeque, Cajamarca . Los clientes con que cuenta la empresa están dedicados al rubro agrícola en la cosecha de arroz, camote y también a las empresas exportadoras de arroz , menestras las cuales exigen estándares de calidad .

#### **▪ Principales Productos**

La empresa produce un solo producto con medidas estandarizadas y pesos que se detallan en la figura 26 . Como producto terminado los sacos de polipropileno pasan por un control de calidad a cargo del supervisor con el fin , que cumplan con los requerimientos de los clientes .

#### **▪ Descripción de las propiedades**

Las propiedades térmicas del polietileno de baja densidad incluyen un intervalo de fusión con una temperatura de fusión máxima de 223-234 °F (106 a 112 ° C). Su temperatura de fusión relativamente baja y su amplio intervalo de fusión caracterizan al polietileno de baja densidad como una resina que permite operaciones de termo sellado rápidas. La temperatura de transición vítrea Tg del polietileno de baja densidad está muy por debajo de la temperatura ambiente, explicando así la naturaleza flexible y blanda del polímetro. La combinación de fases cristalinas y amorfas en el polietileno de baja densidad hace difícil la determinación de la Tg. Sin embargo, puede decirse que hay transiciones moleculares significativas en el polietileno de baja densidad a aproximadamente -4 y -193° F (-20 y -125 ° C. [51]

#### **▪ Características del producto**

Las características del producto se detallan en la figura 26, donde se indica la materia prima, material, especificaciones de la tela (Saco de polipropileno), color, peso. Asimismo se indica las condiciones de manipulación para tener mayor vida útil del producto.

En la figura 26. Se observa las características del producto.

Perusac E.I.R.L	CARACTERISTICAS / ESPECIFICACIONES DEL PRODUCTO LINEA - SACO		
I. MATERIA PRIMA			
Materia Prima	Se utiliza materia prima conformes con las normas tecnicas peruanas vigentes para envases plasticos en contacto directo con alimentos.		
II. CARACTERISTICAS DEL SACO			
CARACTERISTICA	UNIDAD	TOLERANCIA	OBSERVACIONES
Material	-----	---	-----
Ancho	pulg	+/- 0.5"	El saco tiene una variación de +/- 1". El ancho considerado es el ancho total de la manga. Para sacos con fuelle se considera que el ancho incluye el fuelle extendido.
Longitud terminada	pulg	+/- 0.5"	Según especificación de cliente
Color del saco	-----	---	NEGRO / BLANCO
Peso Unitario del Saco	g /saco	+/- 5 %	0.60 - 0.65 g - Nivel de Confianza de 95%
Corte De Boca del Saco	----	---	Para sacos tejidos el corte estándar es el corte zigzag. Para sacos laminados el corte estándar es el corte por cuchilla.
Liner: Ancho	pulg	+/- 0.5"	El ancho (0.60 m) y largo (0.90 m), son las dimensiones del saco. ( Liner : Material de PVC ,por su permeabilidad y flexibilidad )
Liner : Longitud Terminada	pulg	+/- 0.5"	
Liner Peso	g/bolsa	+/-5%	
Microperforacion laminado	-----	-----	MICROPERFORACION LAMINADO: Todos los sacos laminados son microperforados en sectores de 6 cm a lo largo del saco (Perforacion Micro ADS) MICROPERFORACION AD*STAR: A solicitud del cliente el saco puede ser microperforado en el 100% de su superficie. (N/m3h)
Microperforado conversión	Nm3/h	+/- 10 Nm3/h	
Densidad de microperforación AD*Star	# microperforaciones / pulg2	+/- 5 %	
Diámetro de microperforación	mm	+/- 0.1	
Vida Util del Saco	En condiciones recomendadas de almacenamiento la vida util del saco es de 2 años.		
III. CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO.			
Almacenamiento	Los sacos durante las etapas de almacenamiento antes y durante su uso, deben obligatoriamente ser protegidos de la radiacion UV (luz natural y luz artificial) para mantener: 1.La calidad de impresión: Los tonos de los colores se ven afectados por la radiacion Uv. 2. Resistencia del tejido: Debido a que su naturaleza plástica la radiación UV hace que el saco pierda de manera paulatina, las propiedades mecanicas iniciales. En exposiciones directas a la intemperie ciertos colores pueden perder el 50% de su resistencia en 1 mes.		
FECHA DE REVISION:	09/03/2017		
DE NO RECIBIR OBSERVACIONES SOBRE LOS VALORES, TOLERANCIAS Y DESCRIPCIONES DETALLADAS EN ESTA FICHA TECNICA SE DA POR CONFORME Y LA PRODUCCION SE AJUSTARA DE ACUERDO A ESTE DOCUMENTO.			

Fig 26. Características - Especificaciones del producto. [51]

▪ **Condiciones de manipulación del producto**

En la siguiente figura se puede observar las condiciones de manipulacion y trazabilidad del producto para una mayor garantia de su vida util.

Perusac E.I.R.L.	<u>CONDICIONES DE MANIPULACIÓN PRODUCTO</u>	
I. CONDICIONES DE MANIPULACION		
Manipulación	<p>Llenar los sacos con el material y la cantidad para la cual ha sido diseñada, pesos mayores ponen en riesgos la resistencia del saco.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- La costura en la parte superior del saco debe realizarse aproximadamente a 6 cm de la boca con una longitud de puntada no menor a 8 mm y de manera uniforme. Ello evita roturas durante la manipulación. Se recomienda hacer un doblez para incrementar la resistencia de la costura</li> <li>- Evitar caídas de fardos llenos de producto de alturas superiores a 2.5 m.</li> <li>- Durante la estiba y desestiba del producto, el saco se debe dejar caer sobre la ruma de forma plana, una caída de lado puede ocasionar que los desplazamientos de las costuras sean superiores a 5mm e incluso romper el saco.</li> </ul> <p>( Basado en NTP 311.305 SACOS DE RAFIA DE POLIOLEFINAS): Llenar los sacos con el material y la cantidad para la cual ha sido diseñado, pesos mayores ponen en riesgos la resistencia del saco.</p>	
II. TRAZABILIDAD		
Identificación y Trazabilidad	Los lotes son identificados a través de etiquetas que muestran el código de barras y el código de trazabilidad. En sacos impresos la información de trazabilidad se coloca saco a saco en la zona de costura.	
FECHA DE REVISION:	10/03/2017	PERSONAL RESPONSABLE: JEFE DE ASEGURAMIENTO DE CALIDAD

Fig 27. Condiciones de manipulación del producto.  
Fuente: Perusac

### 3.1.3. Proceso de producción

La empresa cuenta con 500 metros cuadrados los cuales son solo para producción, almacén, SS.HH, la oficina está instalada la casa del gerente y dueño de la empresa.

El tipo de sistema de producción es continuo con puestos de trabajo fijos de los cuales se tiene que dejar de trabajar en otras áreas como la de tejido, ya que en el área de corte se forman cuellos de botella, en otros casos trabajan dos tres turnos en corte y solo uno en tejido. Cabe resaltar que en el área de corte se emplea mayor mano de obra haciendo una producción por debajo de la línea de producción de otras etapas generando gastos de mano de obra sobre valorada y perdiendo de satisfacer las ordenes de pedido.

A continuación, se describe la línea de producción que está compuesta por las siguientes etapas:

- **Recepción de materia prima**

La materia prima utilizada en el proceso es en bobinas de cinta de polipropileno de denier de 730, El peso promedio de cada bobina es 1,2 kg. El peso de la canilla que contiene la cinta de polipropileno es de 200 g, de los cuales ingresan en fardos de 28,8 kg, que equivalen a 24 bobinas.

En esta etapa se realiza la inspección de las bobinas, cantidad y peso para el control de la cantidad de materia prima a producir y las mermas que se puedan producir y así poder calcular la producción de productos terminados y tener el stock para los nuevos requerimientos.

En la siguiente figura 28 se muestra la materia prima.



Fig 28. Materia Prima  
Fuente: Perusac.

## 1. Tejido

Las bobinas son utilizadas para realizar dos operaciones:

- **Urdimbre**

Son colocadas en paralelo en dos cuerpos de 192 bases para bobinas, una vez colocadas la cinta en bobinas, son dirigidas hacia los guidores, continuando su recorrido pasan por un rodillo metálico que ayuda a la alimentación, luego pasa por el peine del telar para ser ingresados por los

guiadores de loza del telar , así mismo por los compensadores que a su vez son pasados por los agujeros de los lizos metálicos , llegando a los peines de la horquilla del telar para luego ser amarrados a una manga circular de tela insertada en el compás de la máquina.

Para urdimbres la función de la cinta para su tejido es de forma vertical paralelamente de acuerdo a las especificaciones de la tela.

Los telares circulares que cuenta la empresa son de cuatro lanzaderas, que son los encargados del tejido.

- **Trama**

Son las cintas en bobina que son colocadas en las cuatro lanzaderas de la máquina, estas son las encargadas de girar en sobre la pista circular y así llevar a cabo el tejido horizontal de la tela de acuerdo a las especificaciones del requerimiento.

A continuación se muestra en la figura 29 la máquina de tejido.



Fig 29. Maquina tejedora - Telar

Fuente: Perusac E.I.R.L

## 2. Corte

En esta etapa es colocado el rollo de la tela que es obtenido del telar en una base para continuar el proceso y ser cortado manualmente de acuerdo a las medidas requeridas según el pedido.

El corte de los sacos se realiza mediante un sistema de pedal que es manipulado por un operario que con el pie baja un pedal, anclada a su vez una guillotina eléctrica y corta la tela por calor. Que a su vez es retirado por un segundo operario que se encarga de pasar la tela (saco) y guiarlo a la siguiente máquina.

A continuación, se muestra en la figura 30. Corte de la tela según la medida solicitada que es regulada manualmente.



Fig 30. Máquina de corte  
Fuente: Peruscac E.I.R.L.



Fig 31. Máquina de corte

Fuente: Perusac. E.I.R.L.

### 3. Costura I

En esta etapa se realiza la costura inferior del saco, que es insertada de forma manual por el operario y llevada por fajas transportadoras que pasa por la maquina de costura. Para luego ser recibidas, apiladas por otro operario en paquetes de 50 unidades y retiradas para su empaquetado.



Fig 32. Máquina de costura I

Fuente: Perusac.

#### **4. Costura II – bordado**

En esta etapa se realiza la costura del bordado de la boca del saco, esta operación algunos clientes lo requieren para lo cual es realizado por un operario, que a su vez lleva el control de la producción de la tela tubular convertida en sacos de acuerdo a las medidas requeridas de la confección donde el saco adquiere su forma individual y final para su empaque y distribución.

A continuación, en la figura 33 se muestra la máquina de costura de la parte superior del saco, en esta etapa en algunos casos se realiza a solicitud del pedido.



Fig 33. Máquina bordadora  
Fuente: Perusac

#### **5. Empaquetado y almacenamiento**

Los sacos son empaquetados en 500 unidades cada fardo, empaquetados con sacos que son mermados en el proceso que son abiertos y sirven como empaque amarrados con cintas del mismo material para luego ser almacenados y distribuidos.

En la figura 34 se muestra el diagrama de operaciones del proceso de fabricación de sacos de polipropileno.

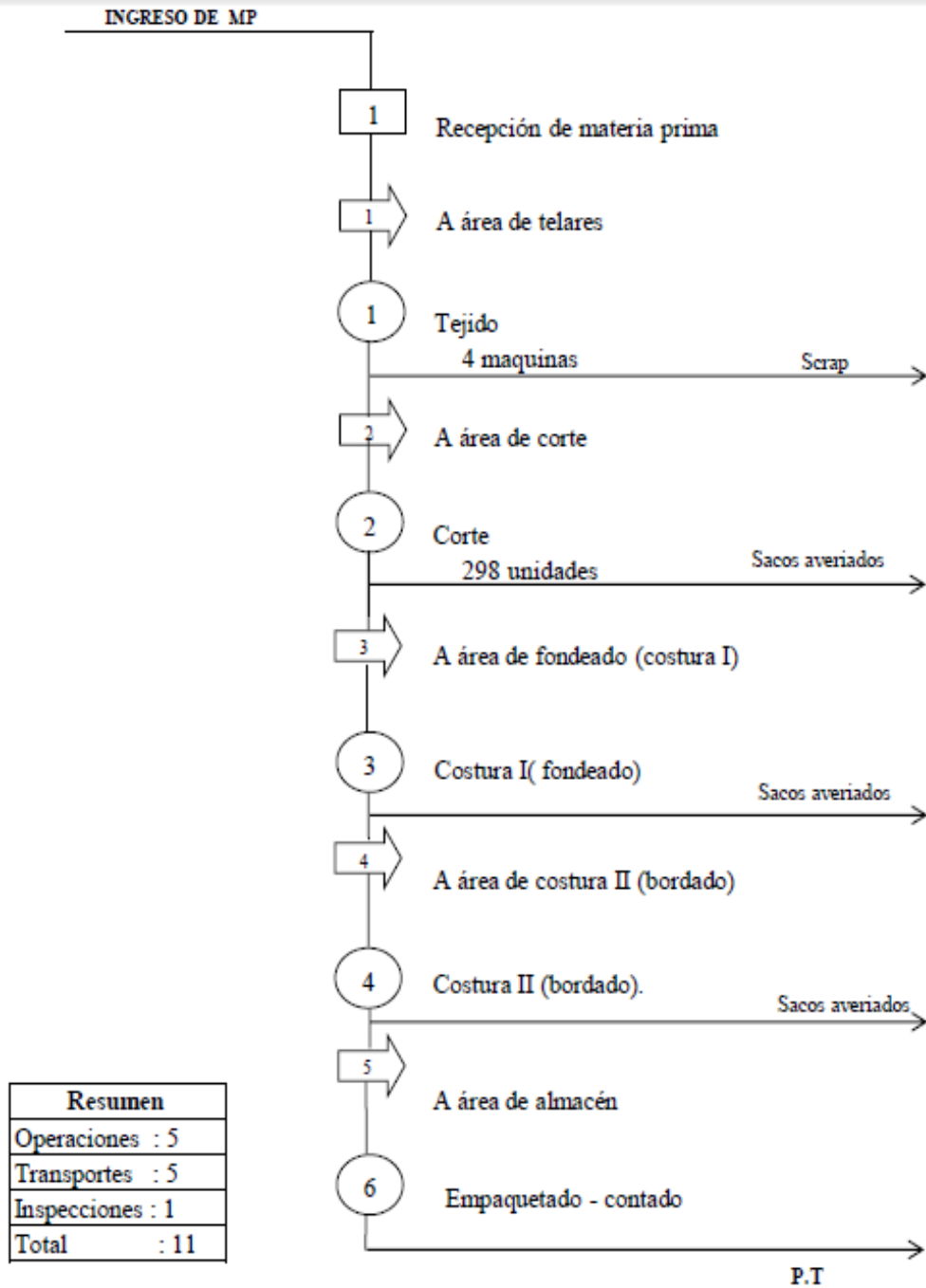


Fig 34. DOP de fabricación de sacos de polipropileno  
Fuente: Perusac E.I.R.L.

**DIAGRAMA DE CIRCULACION DE FABRICACION DE SACOS DE POLIPROPILENO ACTUAL.**

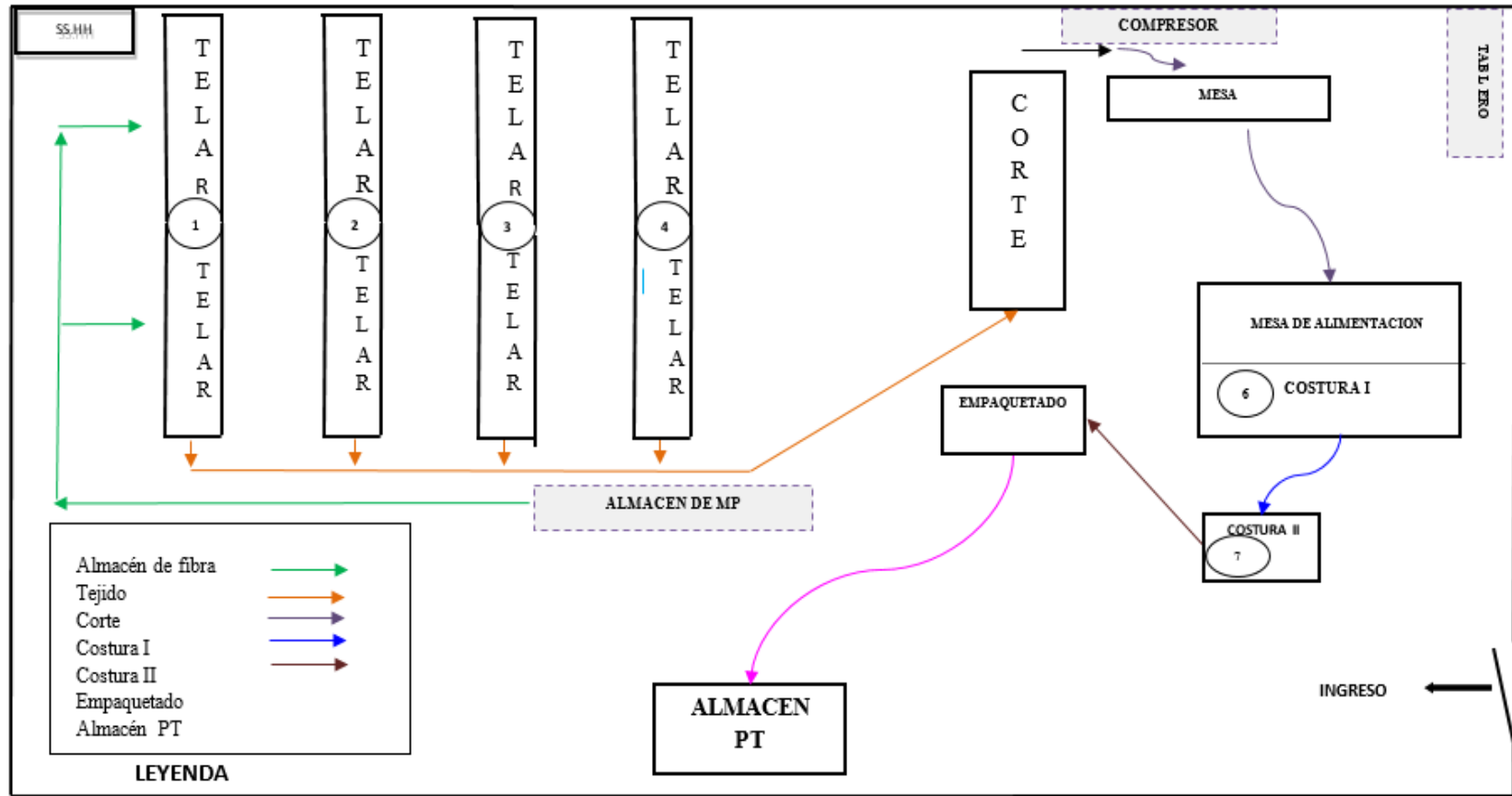


Fig 35. Diagrama de circulación

Fuente: Perusac E.I.R.L

En la figura 36 se presenta el diagrama pictórico del proceso de fabricación para la tela de polipropileno que como producto terminado y conocido habitualmente es un saco de polipropileno (envase)

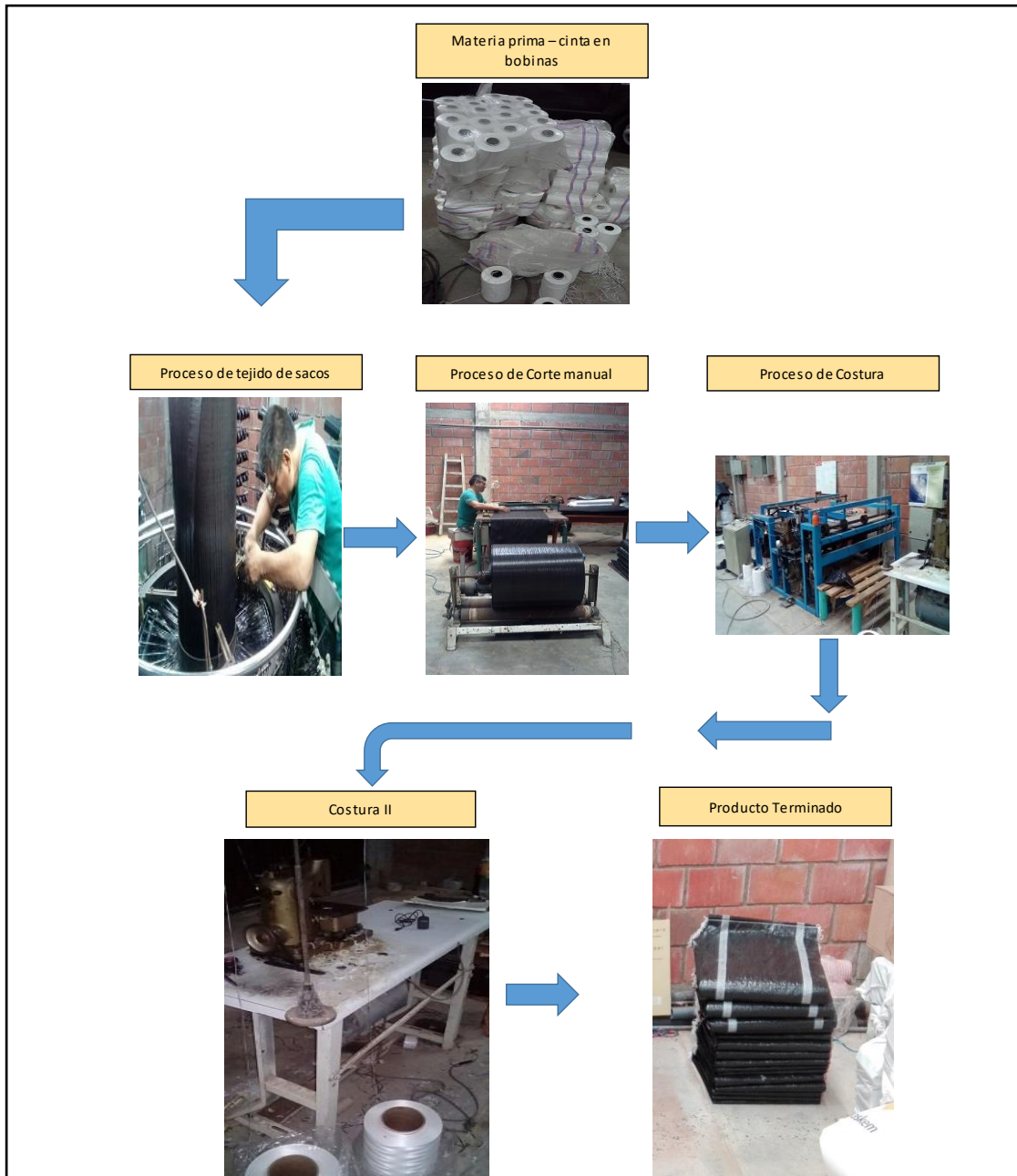


Fig 36. Diagrama pictórico del proceso productivo de sacos de polipropileno  
Fuente: Perusac E.I.R.L.

## Tecnología

A continuación, se muestran las características de la maquinaria.

Tabla II  
Características de telar circular 1-2

TELAR CIRCULAR I-II	
Potencia Hp	4,5
Dimensión (largo, ancho, alto)	2 x 2 x 2 x 2,5 m.
Marca	Sengar
Voltaje	220 - 380 Voltios
Velocidad	120 sacos / hora

Fuente: Perusac

Tabla III.  
Características de telar circular 3-4

TELAR CIRCULAR III-IV	
Potencia (HP)	5
Dimensión (largo, ancho, alto)	2 x 2 x 2 x 2,5 m.
Marca	Starlinger
Voltaje	220 - 380 Voltios
Amperios	14
Frecuencia	60 Hz
Rpm	1800
Velocidad	150 sacos / hora

Fuente: Perusac

Tabla IV.  
Características de maquina cortadora

CORTADORA	
Potencia (kW)	1,5
Dimensión (largo, ancho, alto)	2 x 1 x 0.9 metros
Marca	Hechiza
Voltaje	220 - 380 Voltios
Amperios	14
Velocidad	250 sacos / hora

Fuente: Perusac

Tabla V.  
Características de maquina de costura 1

<b>COSTURA I</b>	
Potencia (kW)	2
Dimensión (largo, ancho, alto)	4 x 2 x 0.9 metros
Marca	Hechiza
Voltaje	220 - 380 Voltios
Amperios	6
Velocidad	480 sacos / hora

Fuente: Perusac.

Tabla VI.  
Características de maquina de costura 1

<b>COSTURA II</b>	
Potencia (kW)	0,5
Dimensión (largo ,ancho, alto)	0,6 x 0.9 x 0.9 metros
Marca	Newlong
Voltaje	220 - 380 Voltios
Amperios	1.5
Velocidad	950 sacos / hora

Fuente: Perusac.

En las tablas descritas (II al VI), se indica las características de la maquinaria con que cuenta la empresa para su proceso de sacos de polipropileno.

### 3.1.4. Problemas identificados

Después de analizar el proceso de fabricación de sacos de polipropileno se llegó a la conclusión que para identificar los problemas del proceso actual en la etapa de corte del área de producción se utilizará el diagrama de Ishikawa el cual permite .

Analizar y evaluar las causas del problema de la baja productividad.

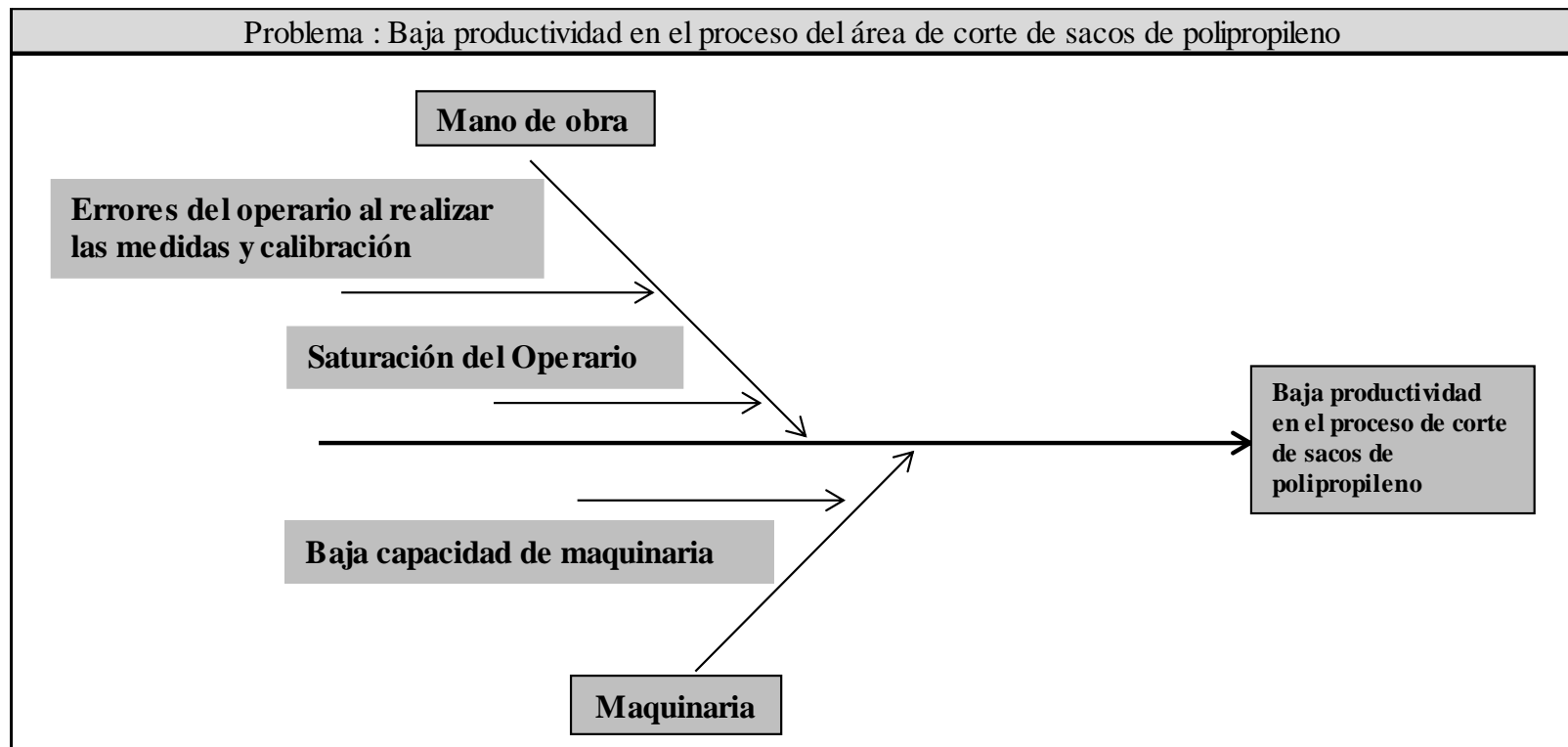


Fig 37. Diagrama Ishikawa baja productividad

Fuente: Perusac E.I.R.L.

Estas causas deben ser analizadas y tomadas en cuenta para su evaluación para poder mejorar la problemática en este caso la baja productividad que tiene la empresa perusac.

## **IDENTIFICACIÓN DE PROBLEMAS EN EL SISTEMA DE PRODUCCIÓN Y SUS CAUSAS.**

### **3.1.5. Diagnóstico por causas**

#### **A. Mano de Obra**

##### **Causa 1: Errores del operario al realizar la medida y calibración**

#### **6. Evidencia**

El operario encargado del proceso de corte tiene que estar capacitado mínimo 1 mes o haber trabajado en actividades similares para poder adaptarse al sistema. El trabajo consta de realizar operaciones manuales como realizar mediciones lineales de acuerdo lo solicitado por el supervisor 0,93m y colocar un tope con la distancia indicada. Luego calcular un tiempo prolongado para el calentamiento de la cuchilla a una temperatura promedio 120°C utilizando un detector de temperatura portátil.

El inicio de la actividad para el corte de sacos, se realiza con dos personas, las cuales realizan operaciones en paralelo uno se encarga de cortar la tela y la otra de recibirla teniendo en cuenta visualmente el calentamiento de la cuchilla termica, observando si desprende humo proceder a desconectar el transformador que alimenta la cuchilla termica por un lapso de 5 minutos y luego volver a conectar.

Siguiendo con la operación la cuchilla con las que se realiza el corte de la tela, presenta dificultades durante el proceso por el mismo recalentamiento y tienen que limpiar la cuchilla cada 2 horas aproximadamente con una escobilla de fierro para que no acumulen demasiados productos defectuosos.

Por más que se les capacite siempre se van a tener productos defectuosos por lo mismo que el operario no tiene un control exacto al realizar las operaciones, como lo indica de tener medidas diferentes, cortes con la temperatura elevada y tiempo prolongados que generan mermas en la producción.

Esto conlleva a cambiar los productos defectuosos:







7. Productos (tela) con medidas diferentes
8. Productos (tela) quemados por recalentamiento.

En esta etapa tenemos una de las causas que afecta la productividad del proceso de corte de la tela (sacos de polipropileno). En la tabla 6 se evidencia las unidades totales con disconformidades (A) por fallas de recalentamiento (sacos quemados en el corte) y averiados por medidas fuera de las especificaciones (0,93 m de largo) que son las que se encuentran en las inspecciones antes del embalaje para su despacho. Asimismo, se muestra las unidades procesadas bien a la primera por durante el turno con ello se encuentra en porcentaje promedio de merma por cada hora tomado en la inspección del proceso. El total de los productos con disconformidades (A) son almacenados para luego ser vendidos para un menor precio para ser reprocesado.

El objetivo de la tabla 6 es mostrar las unidades con disconformidades y su valor de mermas en porcentaje. Asimismo, en la tabla 7 se muestra el % de mermas por recalentamiento y por medidas fuera de las estandarizadas respecto a la producción. La evidencia mostrada en las tablas nos ayudara más adelante a tener cuanto impacto económico genera a la empresa.

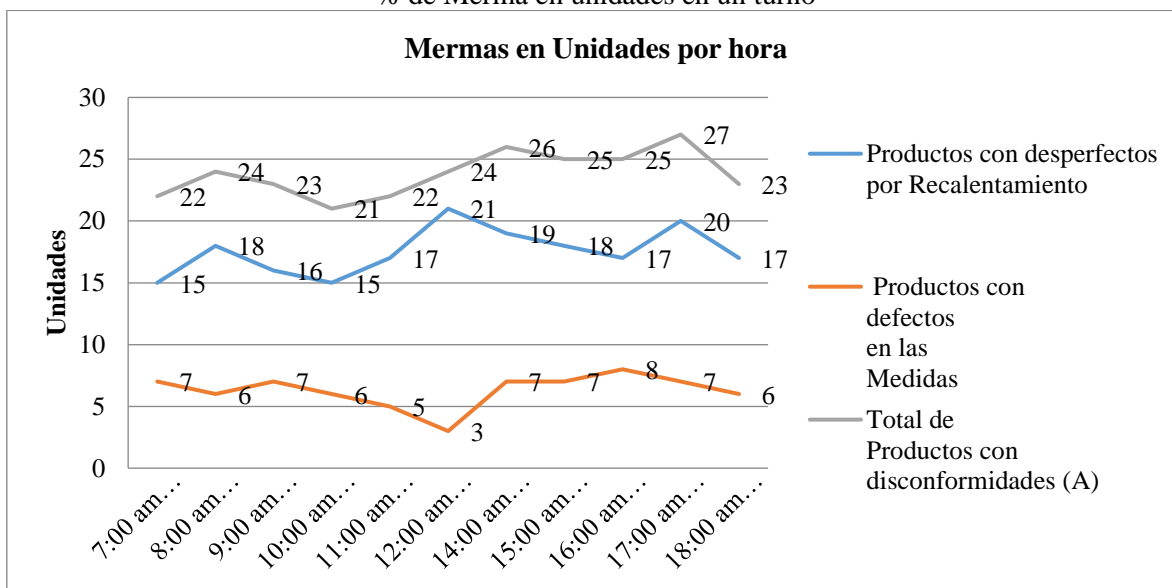
En la tabla 7. Se presenta los resultados de los productos disconformes por hora.

Tabla VII.  
Unidades con disconformidades por hora

Horario	Productos con desperfectos por Recalentamiento (1)	Productos con defectos en las Medidas (2)	Total de Productos con disconformidades (A)	Unidades Procesadas Bien a la Primera (B) (± 93cm)	% De Merma		Quiere decir que :
7:00 am 8:00 am	15	7	22	241	9,13		<p><b>Los productos con desperfectos por recalentamiento :</b> En la columna 1 se muestra 193 unidades según las muestras tomadas cada una hora donde se evidencia 7,25 % de productos averiados por recalentamiento al momento de realizar el corte en todo el turno</p>
8:00 am 9:00 am	18	6	24	244	9,84		
9:00 am 10:00 am	16	7	23	255	9,02		
10:00 am 11:00 am	15	6	21	238	8,82		
11:00 am 12:00 am	17	5	22	241	9,13		
12:00 pm 13:00 pm	21	3	24	239	10,04		<p><b>Productos con defectos en las medidas</b> En esta columna 2 se muestra 69 unidades que no cumplen con las medidas estandarizadas ( 93 cm) por lo tanto estan fuera de lo permisible haciendo un total de merma de 2,59 % en todo el turno.</p>
14:00 pm 15:00 pm	19	7	26	236	11,02		
15:00 pm 16:00 pm	18	7	25	232	10,77		
16:00 pm 17:00 pm	17	8	25	242	10,34		<p><b>El total de % de productos con disconformidades es de 9,84 %</b></p> <p>Tenemos en todo el turno 2 662 unidades equivalente al 100 % y una merma de productos defectuosos de 262 que equivale al 9,84 % de la producción.</p> <p>El total de unidades procesadas bien a la primera es de 2 662</p>
17:00 pm 18:00 pm	20	7	27	248	10,88		
18:00 pm 19:00 pm	17	6	23	246	9,35		
Total	193	69	262	2 662	9,84		

Fuente: Perusac

Tabla VIII.  
% de Merma en unidades en un turno



Fuente: Perusac E.I.R.L

En la tabla 9. Se muestra el % de unidades totales de merma respecto a la producción diaria teniendo como promedio total de 9,84 % de una producción de 23 638 unidades de muestras tomadas de 9 días.

Tabla IX.  
% de unidades de merma por día en el proceso de corte.

MUESTRAS		Productos con desperfectos por Recalentamiento (A)	Productos con defectos en las Medidas (B)	Total de productos con disconformidades (C) c: a+b	Producción promedio de productos bien a la primera (D)	Producción total promedio diario. (E) E: C+D	% De Merma %: C/E*100
PROMEDIO SEMANA I	DIA 1	208	65	273	2 352	2 625	10,42
	DIA 2	158	35	193	2 557	2 750	7,03
	DIA 3	91	78	169	2 356	2 525	6,70
	DIA 4	209	112	321	2 322	2 643	12,13
PROMEDIO SEMANA II	DIA 5	153	119	272	2 399	2 671	10,22
	DIA 6	162	66	228	2 258	2 486	9,18
	DIA 7	198	99	297	2 366	2 663	11,16
	DIA 8	215	89	304	2 409	2 713	11,23
	DIA 9	163	106	269	2 293	2 562	10,53
TOTAL		1 557	769	2 326	21 312	23 638	9,84

Fuente: Perusac E.I.R.L

Los datos que se muestran en la tabla 9, son promedios diarios de muestras de mermas de cada lote producido durante el proceso de corte, con una frecuencia mensual durante 6 meses de investigación.

Asimismo, se indica que el periodo de trabajo es de 5 días a la semana por un tiempo de 11 horas diarias en dos turnos.

Se describe los datos.

- Columna (A). Unidades con desperfectos por recalentamiento en esta operación se origina por error de tiempo en donde el operario demora en cortar y se quema y queda descartado.
- Columna (B). Unidades con medida diferente en esta operación se origina por la distracción lo que hace cometer errores al operario por no observa hasta donde es el largo que se corta la corta. (medida 93 cm).
- Columna (C). suma de unidades con disconformidades no pasan el control de calidad.
- Columna (D). Productos cumplen con las características de lo solicitado ( medida estandarizada 93 cm , abre sus lados de la tela sin dificultades)
- Columna (E). Total, de unidades procesadas por turno.
- Columna %. Porcentaje de merma por errores del operario, se muestra el promedio 9,84 %.

#### ▪ **Indicador**

El indicador más adecuado para poder calcular esta causa será el FTT (First Time Through o piezas bien a la primera) El FTT es un indicador importante de productividad y calidad de un proceso, que como su nombre indica, nos muestra el porcentaje correcto de productos en unidades que se hacen bien a la primera sin necesidad de reproceso para ello se utilizara la siguiente formula de la ecuación 2 pág. 21 y los datos de la tabla 9.

$$FTT = \frac{\text{Unidades entrantes} - \text{scrap} - \text{Piezas retrabajadas}}{\text{Unidades Entrantes}}$$

El FIT, es un indicador que nos ayudara a realizar el cálculo de productividad, con ello podremos tener más claro el % de productos fabricados sin observaciones. (% de piezas bien a la primera)

$$FTT = \frac{23\ 638 - scrap - 2\ 326}{23\ 638} = 90.16 \%$$

Este indicador quiere decir que el 90.16% de las unidades producidas tienen las medidas correctas y cumplen con los requisitos del cliente. Debido a las evidencias es necesario la automatización en el proceso para que el indicador se pueda llevar al máximo posible de poder llegar al 100 %, por lo mismo que con la automatización de obtienen mejores beneficios para la empresa.

#### ▪ **Impacto económico**

El reprocesar los productos (sacos de polipropileno) incurren en costos y tiempo. Para calcular se tiene las muestras de productos con disconformidades de la tabla 7. Se procede a trabajar en base a la data obtenida. El horario de los colaboradores que laboran en la producción es de 11 horas diarias.

Para hallar el tiempo estándar del proceso de corte se procedió a realizar los siguientes pasos.

- Determinar los elementos o tareas que componen el proceso de corte.
- Usando un cronometro se midió el tiempo cada tarea ( 15 veces)
- Calcular el tiempo normal con un factor de nivelación
- Calcular el tiempo estándar con suplementos del 12%

Calcular el tiempo estándar será de vital importancia para poder realizar el diagrama hombre máquina del cual se podrán extraer mayor cantidad de indicadores y los cuales se presentarán más adelante.

Las tareas que componen el proceso de corte son las siguientes.

- Pasar la manga del saco
- Corte del saco
- Descargar o retirar el saco
- Acomodar el saco y revisar

En la tabla 10. Se presenta los resultados de las 15 mediciones por tarea.

Tabla X.  
Observaciones de tiempos por tarea en segundos

Tarea	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Tiempo Promedio	Numero de observaciones preliminares	Numero de observaciones requeridas (A)
<b>Pasar la manga.</b>	1,58	1,56	1,56	1,58	1,59	1,58	1,57	1,53	1,52	1,55	1,58	1,58	1,59	1,55	1,57	1,57	15	0,20
<b>Corte</b>	4,83	4,79	4,83	4,83	4,78	4,79	4,87	4,85	4,79	4,76	4,75	4,84	4,79	4,75	4,83	4,81	15	0,09
<b>Descarga o retirar el saco</b>	3,41	3,40	3,36	3,38	3,39	3,39	3,39	3,36	3,39	3,38	3,37	3,37	3,38	3,41	3,41	3,39	15	0,04
<b>Acomodar el saco - Revisar</b>	3,75	3,72	3,75	3,75	3,78	3,79	3,78	3,72	3,77	3,76	3,75	3,76	3,77	3,71	3,79	3,76	15	0,08
<b>Tiempo Total</b>																<b>13,53</b>		

Fuente : Perusac

Para corroborar que el número de observaciones está bien establecido se utilizara el método estadístico.

Para emplear el método estadístico se requiere de observaciones preliminares para poder emplear la ecuación 17 que asegura un nivel de confianza del 95 % y un margen de error del  $\pm 5\%$ .

En la tabla 8, se demuestra que el número de observaciones está bien establecido para el cual se aplica el método estadístico. [50]

$$n = \left( \frac{40 \sqrt{(n^i \sum x^2 - \sum(x)^2)}}{\sum x^2} \right)^2 \dots\dots\dots (\text{ec. 17})$$

Donde:

n: Tamaño de la muestra que deseamos calcular (número de observaciones).

$n^i$ : Numero de observaciones preliminares.

40: Constante para un nivel de confianza del 95% y un margen de error de más menos 5%.

$\sum$ : Suma de valores

x: Valor de las observaciones.

El resultado del calculo que se muestra en la tabla 8, tomando en cuenta las observaciones preliminares se muestra que las observaciones preliminares son mayores al número de observaciones requeridas (A) en todas las inspecciones realizadas por lo tanto según los resultados de la ecuación son más que suficientes para el estudio por que brindan resultados positivos según los que indica la formula.

El nivel de confianza del cronometraje realizado en las inspecciones indicadas indica que las observaciones son suficientes para el estudio de tiempos.

Con ello se dará valoración del ritmo de trabajo o factor de calificación y la determinación de suplementos para hallar el tiempo normal y estándar respectivamente.

El tiempo normal no debería variar en teoría y una persona saludable y con una actitud mental correcta puede sin dificultad mantener un ritmo del 100%. Además de ello, se ha demostrado que no es cómodo trabajar a una razón muy superior o muy inferior al 100%.

Para determinar el factor de calificación se utilizará el sistema de calificación de Westinghouse, el cual considera los factores de habilidad, esfuerzo, condiciones y consistencia. La escala dada será establecida por el observador. Para la presentación investigación, en todas las tareas se ha considerado una habilidad del operario promedio, con un esfuerzo promedio, en condiciones promedio y consistencia promedio. En condiciones promedio en los 4 factores evaluados la variabilidad es de más menos 0, por lo que el factor de calificación es de 1 para cada tarea.[50]

En la tabla 11. Se muestra el tiempo normal con el factor de nivelación.

Tabla XI.  
Tiempo normal con factor de nivelación

Tarea	Tiempo Promedio	Factor de calificación	Tiempo Normal
<b>Pasar la manga.</b>	1,57	1	1,57
<b>Corte</b>	4,81	1	4,81
<b>Descarga o retirar el saco</b>	3,39	1	3,39
<b>Acomodar el saco - Revisar</b>	3,76	1	3,76
<b>Tiempo Total</b>			13,53

Fuente: Perusac E.I.R.L

Elaboración Propia

Finalmente, se procede a calcular el tiempo estándar del proceso de corte teniendo en cuenta los suplementos 5% por necesidades personales ,4% por fatiga ,2% por trabajo de pie, 1%, por trabajo monótono la cual da un total de 12% (siempre que la operación se realice de pie),

los porcentajes han sido extraídos del sistema de suplementos establecido por la OIT (Organización industrial del trabajo). [50]

El porcentaje de suplementos ya establecido, se procede a calcular el tiempo estándar en base a la ecuación 19 y la tabla 10

$$T. \text{ Estándar} = T. \text{ Normal} \times (1 + \text{factor de suplemento})$$

$$T. \text{ Estándar} = 13,53 \times (1+0,12) = 15,15 \text{ s.} \dots \dots \dots (\text{ec. 19})$$

En base a la producción del año 2016 considerando que el tiempo estándar del proceso de corte de sacos de polipropileno es de 15,15 s. teniendo en cuenta el pago que se asigna al operario en un turno de 11 horas.

- Se le paga S/ 40 (11 horas), lo que equivale a: 0.001010 por segundo.
- Porcentaje promedio de productos defectuosos 9.86 %.

Según los datos recopilados durante el periodo de investigación se procede a realizar la tabla 12 para calcular el costo de mano de obra que se paga por los productos disconformes que se originan mensualmente según la producción realizada.

En la tabla 12, teniendo los datos se procede a evaluar el % de productos con disconformidades, para encontrar el costo de Mano de Obra de unidades disconformes.

Tabla XII.  
Costo de Mano de Obra de piezas disconformes mensualmente

<b>Producción de corte de sacos 2016</b>						
<b>2016</b>	<b>Producción.</b>	<b>Días /</b>	<b>Producción</b>	<b>Merma</b>	<b>15.15</b>	<b>S/ 0.001010</b>
	<b>Unidades/</b>	<b>trabajados</b>	<b>/ día</b>	<b>9,84%</b>	<b>TC:segundos</b>	<b>Costo x Unid.</b>
	<b>mes</b>		<b>unidades/día</b>	<b>Unidades/</b>		<b>M.O - S/.</b>
				<b>mes</b>		
<b>Enero</b>	52 500	20	2 625	5 166,00	78 264,98	79,05
<b>Febrero</b>	55 000	20	2 750	5 412,00	81 991,80	82,81
<b>Marzo</b>	50 500	20	2 525	4 969,20	75 283,38	76,04
<b>Abril</b>	52 860	20	2 643	5 201,42	78 801,57	79,59
<b>Mayo</b>	53 420	20	2 671	5 256,53	79 636,40	80,43
<b>Junio</b>	49 720	20	2 486	4 892,45	74 120,59	74,86
<b>Julio</b>	53 260	20	2 663	5 240,78	79 397,88	80,19
<b>Agosto</b>	54 260	20	2 713	5 339,18	80 888,64	81,70
<b>Septiembre</b>	51 240	20	2 562	5 042,02	76 386,54	77,15
<b>Octubre</b>	56 280	20	2 814	5 537,95	83 899,97	84,74
<b>Noviembre</b>	53 000	20	2 650	5 215,20	79 010,28	79,80
<b>Diciembre</b>	56 660	20	2 833	5 575,34	84 466,46	85,31
<b>Total</b>	<b>638 700</b>	<b>240</b>	<b>31 935</b>	<b>62 857,92</b>		<b>961,67</b>

Los resultados obtenidos del % de merma en la tabla 12, podemos corroborar la cantidad de productos defectuosos y con ello, calculamos el tiempo empleado mensual lo que nos lleva a emplear una ecuación de multiplicación para obtener el costo de M.O que se paga por los productos disconformes. (Gestión de operaciones / procesos).

La fórmula se aplica de la siguiente manera: Mes de enero.

$$\text{Costo X M.O} = \text{Unidades reprocesadas} \times \text{pago de colaborador} \times \text{segundo}$$

$$\text{Costo de M.O por unidades disconformes: } 5\,166 \text{ unid} \times 15,15 \frac{\text{s}}{\text{und}} \times 0,001010 \frac{\text{s}}{\text{s}} = \text{S/ } 79,04$$

El total lo que obtenemos de acuerdo a la información facilitada y comparada durante el proceso en los meses de estudio se llegó a un total de 62 858 unidades con defectos que calculados los pagos realizados solo en mano de obra llegan a un total S/ 961,67 por cada operario, teniendo en cuenta que trabajan dos operarios el pago total es de S/ 1 923,34 durante el año 2016.

## Causa 2: Saturación del operario

### ▪ Evidencia

El operario durante 11 horas debe estar parado y realizando esfuerzos de movimientos de brazos cada 6 segundos para el paso de la tela y corte manual.

En la figura 38 se presenta el flujo grama de las actividades que se realizan en del área de corte para la obtención del saco de polipropileno.

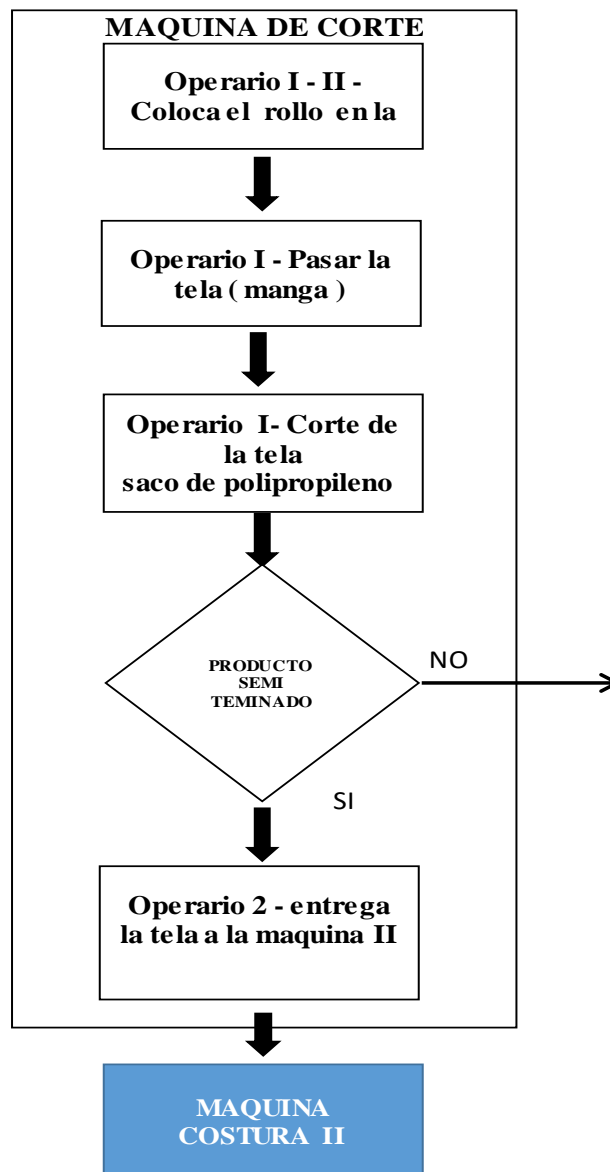


Fig 38. Flujograma del proceso de corte de sacos de polipropileno  
Fuente: Perusac E.I.R.L

En la figura 38, del flujograma se grafica la secuencia del proceso en el área de corte. se inicia realizando una operación con dos operarios de colocar el rollo en la base de la máquina , luego se jala la tela un promedio de 3 metros y se lleva considerando el largo de la tela que se va cortar , teniendo en cuenta que la cuchilla llegue a su temperatura , se inicia el proceso de corte con un operario haciendo giros de 180 ° por cada movimiento en un promedio de cada 4.8 segundos repetitivos , se jala la tela y se corta , asimismo otro operario realiza el jalado y el conteo .a su vez inspecciona algún saco de polipropileno este demasiado quemado o por no cumpla con la medida solicitada , lo que hace que lo retire y solo lleve el control de los que cumplen con las mediadas indicadas.

Los 2 operarios están expuestos durante las 11 horas al humo que arroja la cuchilla térmica y a estar parados durante todo el turno haciendo esfuerzos manuales que originan la saturación del operario lo que repercute en la productividad del proceso. Para ello se plantea realizar un diagrama hombre máquina para el análisis de esta causa, que permita facilitar la de relación entre los tiempos del operador y los tiempos de la máquina así poder determinar la saturación del operario. Con base en la figura 30 y a los tiempos estándar presentados en la tabla 13, se presenta en la figura 39 el diagrama hombre máquina del proceso de corte de tela de polipropileno.

Tabla XIII.  
Calculo de Tiempo estándar

Tarea	Tiempo Promedio	Suplemento	Tiempo estándar
Pasar la manga.	1,57	1,12	1,76
Corte	4,81	1,12	5,39
Descarga o retirar el saco	3,39	1,12	3,79
Acomodar el saco - Revisar	3,76	1,12	4,21
	Tiempo estándar		15,15

Fuente: Perusac E.I.R.L

## Diagrama Hombre Maquina

Operación: Corte de sacos de polipropileno

Diagrama Hombre Maquina				
Operación : Corte de sacos de polipropileno			Ciclo : 15,15 s.	
Maquina : Sistema automatizado de máquina de corte de sacos de polipropileno				
Hombre	Tiempo segundos		Maquina	Tiempo segundos
Pasar la manga	1,57		Tiempo Muerto	1,57
Corte	4,81		Corte de la tela "saco"	4,81
Descarga o retirar el saco	3,39		Tiempo Muerto	3,39
Acomodar el saco - Revisar	3,76		Tiempo Muerto	3,76
Total	15,15			6,38

Fig 39. Diagrama hombre máquina del proceso actual del área de corte de sacos  
Fuente: Perusac E.I.R.L.

La saturación del operario es el porcentaje de la división de la cantidad de tiempo que el operario añade valor al producto entre el tiempo total de ciclo. También es conocido como eficiencia de la mano de la obra o porcentaje de tiempo de persona utilizado eficazmente.

En base al diagrama hombre maquina propuesto en donde se observa que el tiempo de ciclo es de 15,15 segundos y haciendo uso de la ecuación 16 se logra determinar la saturación del operario es del 100%.

$$\text{Saturación del operario} = \frac{\text{Tiempo productivo del operario}}{\text{Tiempo de Ciclo}} \times 100$$

$$\text{Saturación del Operario} = \frac{15,15 \text{ segundos}}{15,15 \text{ segundos}} \times 100 = 100\%$$

Este indicador nos da entender que el operario está totalmente saturado durante todo el proceso de corte, para ello una de las alternativas para disminuir el porcentaje de saturación es la automatización, así el operario mejorara sus condiciones de trabajo asimismo su productividad. Al estar el operario saturado al 100 % es probable que su productividad disminuya con el paso de las horas.

Tomando como referencias a la tabla 7 y la ecuación 4, en la tabla 14 se presenta la productividad de mano de obra promedio en un turno de trabajo.

$$P_{MO} = \frac{\text{piezas.fabricadas}}{\text{tiempo.empleado.en.la, fabricacion.x.numero.de.operarios}}$$

$$P_{MO} = \frac{2\ 662}{1\ \text{día} \times 2\ \text{Operarios}} = 1\ 331 \frac{\text{unidades}}{\text{día/hombre}}$$

$$P_{MO} = \frac{1\ 331}{11\ \text{horas} \times 1\ \text{Operarios}} = 121 \frac{\text{unidades}}{\text{horas/hombre}}$$

Según los datos obtenidos se tomó en cuenta el promedio de producción diaria de los 9 días registrados en la tabla 9, la producción indicada es de un turno de 11 horas de trabajo ya que una hora se apaga la maquina por el refrigerio de los operarios.

En promedio se fabrican 242 unidades hora a ello se tomará en cuenta que no puede trabajar una sola persona, por lo mismo que es una actividad que necesita 2 operarios para su operación, la producción no es constante debido al cansancio de los operarios. En la tabla 12, se muestra la productividad de muestras tomadas durante 2 semanas los cuales se promedió ya que trabaja 20 días por mes.

La productividad varía por tener al operario las 11 horas de pie y sentado en momentos realizando sus actividades de movimiento de manos, antebrazo, columna y expuesto a temperaturas de la máquina, se puede observar en la figura 30.

Tabla XIV.  
Cálculo de productividad de Mano de Obra

Día	Productos unidades	Nº de Operarios	Unidades x Operario	Horas hombre	Unidades Horas/Hombre
Día 1	2 630	2	1 315	11	120
Día 2	2 750	2	1 375	11	125
Día 3	2 526	2	1 263	11	115
Día 4	2 644	2	1 322	11	120
Día 5	2 672	2	1 336	11	122
Día 6	2 486	2	1 243	11	113
Día 7	2 664	2	1 332	11	121
Día 8	2 725	2	1 363	11	124
Día 9	2 570	2	1 285	11	117
Total	23 644				120

Fuente: Perusac E.I.R.L

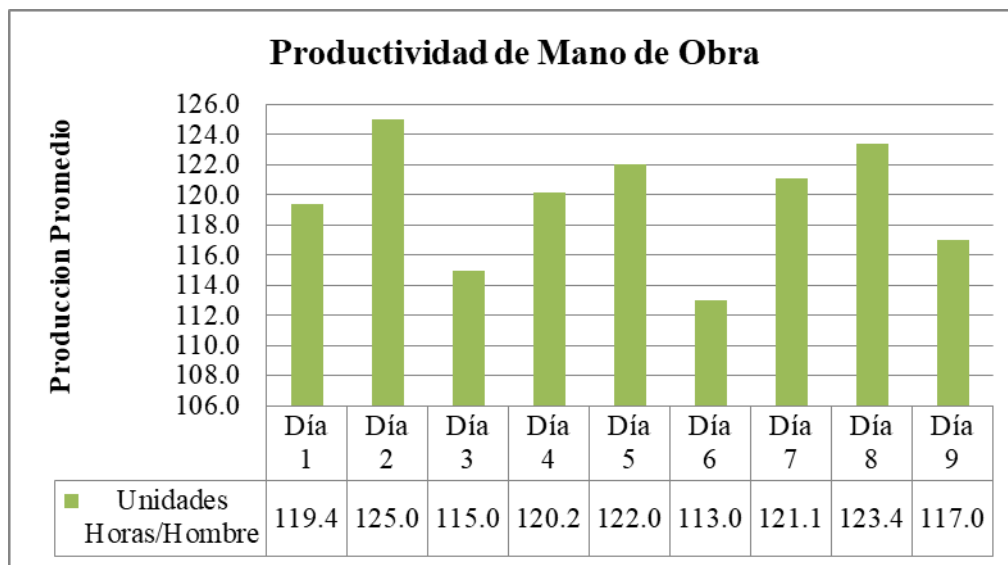


Fig 40. Productividad de Mano de Obra horas / hombre  
Fuente: Perusac E.I.R.L

En la tabla15, se muestra la producción programada en comparación a la programación real mensual. La programación programada se toma como referencia a tener días con buen

rendimiento y días bajos por cada semana donde hace una producción de 2 662 unidades diarias, se puede evidenciar la diferencia de producción en el área de corte entre meses regulares y meses de baja productividad.

Tabla XV.  
Producción Programada vs Producción Real

	<b>Producción Programada vs Producción Real</b>			
	MES	Producción Programada	Producción Real	Diferencia
<b>Año 2016 Unidades</b>	ENERO	64 000	52 500	11 500
	FEBRERO	64 000	55 000	9 000
	MARZO	64 000	50 500	13 500
	ABRIL	64 000	52 860	11 140
	MAYO	64 000	53 420	10 580
	JUNIO	64 000	49 720	14 280
	JULIO	64 000	53 260	10 740
	AGOSTO	64 000	54 260	9 740
	SETIEMBRE	64 000	51 240	12 760
	OCTUBRE	64 000	56 280	1 720
	NOVIEMBRE	64 000	53 000	11 000
	DICIEMBRE	64 000	56 660	7 340
	TOTAL	768 000	638 700	129 300

Fuente: Perusac.E.I.R.L.

A continuación, se muestra otra evidencia que en la figura 39, se puede obtener de diagrama hombre maquina solo se emplea 6,38 segundos de tiempo para la operación y el resto de tiempo se puede eliminar utilizando otros sistemas de trabajo para no utilizar los 15,15 segundos con este dato podremos calcular la eficiencia de la máquina.

En base al diagrama hombre máquina y a la ecuación 14 se procede a calcular la eficiencia de la máquina.

- Tiempo que añade valor al producto en la operación: 6,38 segundos
- Tiempo total del ciclo: 15,15 segundos

$$Eficiencia.de.la.maquina = \frac{tiempo.que.añade.valor.al.producto}{tiempo.total.de.ciclo} \times 100$$

$$Eficiencia\ de\ la\ maquina = \frac{6,38}{15,15} \times 100 = 42,11 \%$$

Este indicador nos indica que la maquina debería tener un sistema que ayude a la productividad y mejor calidad del producto para ello se ha propuesto un diseño de sistema automatizado que permita tener una mejor eficiencia asimismo reducir los elevados costes en la producción.

### **Indicador**

Hasta el momento se han presentado los siguientes indicadores.

- Saturación del operario = 100 %

$$P_{MO} = 242 \frac{Unidades}{horas\ hombre}$$

- Eficiencia de la maquina: 42,11 %.

Con un sistema automatizado se mejorará la eficiencia de la máquina, cansancio del operario (productividad unidades). Mejorando estos dos indicadores se aumentará la productividad.

Como tercer indicador es el rendimiento de volumen. Tenemos la tabla 15 donde se puede calcular el rendimiento de volumen, teniendo en cuenta que su valor máximo es el 100 %, el cual nos indica que estamos por debajo de lo programado, lo que nos lleva a no cumplir con los pedidos por deficiencia en la productividad de la mano de obra.

$$Rto_{vol} = \frac{prod.real}{prod.programada} = \%$$

$$Rto_{vol} = \frac{638\ 700}{768\ 000} = 83,20 \%$$

Se cumple a un 83 % de la producción programada.

▪ **Impacto económico**

El impacto económico que conlleva a esta causa es que, por la baja productividad del proceso de corte de tela de polipropileno, no se llega a producir lo que se espera tenemos pedidos que no se cumplen además de ello tenemos en el área de corte.

Según la tabla 16, la producción 2016 se proceso 62 858 unidades que fueron rechazadas por no pasar el control de calidad durante el proceso mensual, cada unidad tiene un precio de venta de S/ 0, 80 céntimos, a continuación, se evidencia el impacto económico

Tabla XVI.  
Ingresos no recibidos de venta de sacos de polipropileno

	<b>INGRESOS NO RECIBIDOS</b>			
	MES	Producción de productos defectuoso	Costo unidad céntimos	Ingresos no recibidos en S/
<b>Año 2016 Unidades</b>	ENERO	5 166,00	S/ 0,8	4 132,80
	FEBRERO	5 412,00	S/ 0,8	4 329,60
	MARZO	4 969,20	S/ 0,8	3 975,36
	ABRIL	5 201,42	S/ 0,8	4 161,14
	MAYO	5 256,53	S/ 0,8	4 205,22
	JUNIO	4 892,45	S/ 0,8	3 913,96
	JULIO	5 240,78	S/ 0,8	4 192,63
	AGOSTO	5 339,18	S/ 0,8	4 271,35
	SETIEMBRE	5 042,02	S/ 0,8	4 033,61
	OCTUBRE	5 537,95	S/ 0,8	4 430,36
	NOVIEMBRE	5 215,20	S/ 0,8	4 172,16
	DICIEMBRE	5 575,34	S/ 0,8	4 460,28
	TOTAL	62 857,92		50 278,46

Fuente: Perusac E.I.R.L.

La empresa Perusac E.I.R.L en el año 2016 perdió S/ 50 278,46 en ingresos no percibidos. Como otro indicador está el consumo de energía que influye mucho en el proceso de corte de sacos, en donde se obtiene la eficiencia de la máquina. Para ello se considera lo calculado anteriormente en donde tenemos el tiempo útil de la máquina que es del 42,11% en un tiempo 2 640 horas (11 horas x 20 días x 12 meses). La eficiencia encontrada nos permitirá calcular los consumos de energía que nos son aprovechados para el cálculo tenemos.

Motores y dispositivos eléctricos de máquina de corte:

- La máquina cuenta con un transformador de monofásico de 5 Kva que tiene un voltaje de alimentación de 220 voltios con un voltaje de salida de 110 voltios conectado una resistencia de 2 kW.
- Compresor de 5 HP 220 voltios trifásico 60 Hz
- Motor de enrollador de 1,5 HP.

A continuación, en la tabla 17, se muestran los consumos de energía mensual de la máquina de corte.

En la tabla 17. Se muestra el consumo de energía de la máquina de corte.

Tabla XVII.  
Consumos de energía de máquina de corte

Maquinaria	Potencia ( kW )	Hp	Unidades	Tiempo de trabajo / - Día (11 horas)	Tiempo de trabajo h/mes	Tiempo de W	Tiempo de trabajo h/mes	Costo De Energía	Costo x	Costo x	
		1hp= 0,746 kW				E= p*t ( kW/h)		kW/h	Maquina/ mes	Etapas/mes	
Compresor	3,73	5	1,00	20	220	820,6	820,6	0,53	434,91	798,61	
Resistencia	2		1,00	20	220	440,0	440,0	0,53	233,2		
Motor	1,12	1,5	1,00	20	220	41,03	246,4	0,53	130,5		
Total /kW/h								1 507,0			
kW/h - año								18 076,8	0,53		9 580,70

Fuente: Perusac.

$$E= P*t$$

E: Energía

P: Potencia

T: Tiempo

Total, de consumo de energía en máquina de corte en el año 18 076,8 kW/h. Con este consumo se puede calcular el indicador consumo de energía eléctrica por unidad.

En la tabla 17, tenemos 1 507 kW/h mensuales, (mes de 20 días) teniendo 6.85 kW/h (Por hora). Con este consumo y el promedio obtenido en la tabla 9 (producción de los 9 días tomados) 23 638 hacen una producción promedio diaria de 2 626.

$$C_e = \frac{\text{Unidades producidas por turno en la maquina } x}{\text{kWh consumidos en la maquina por turno}}$$

$$C_e = \frac{2\ 626}{6,85} = 383 \frac{\text{unidades}}{\text{kWh}}$$

Esto quiere decir que con un kWh consumido por la maquina se puede elaborar 383 unidades.

En base al diagrama hombre maquina solo se utiliza 42,11% del ciclo para la operación del corte del saco de polipropileno, en un tiempo útil de 6,38 segundos, con los datos de la tabla 14, para la producción de 638 700 unidades del año.

Tenemos:

- 6,38 segundos de tiempo útil de operación – 1 unidad (corte de un saco).
- X, segundos de tiempo útil de operación – 638 700 unidades.

Donde x = 4 074 906 segundos.

En un año se tiene 4 074 906 segundos de tiempo útil de la máquina, igual a 1 132 horas de trabajo.

Esto nos lleva a poder calcular a potencia perdida durante el año 2016

$$E = (P \times t) \text{ kW} / h$$

$$6,85 \text{ kW-h} \times 1\ 132 \text{ horas} = 7\ 754 \text{ kW-h utilizados en un año}$$

Potencia perdida en un año.

$$P_{perdida} = 18\,084\text{ kWh} - 7\,754\text{ kWh}$$

$$P_{perdida} = 10\,330\text{ kWh.}$$

La empresa cuenta con una tarifa MT3, es una subestación de la misma empresa generadora que es dividida entre 10 usuarios no residencial pagando mensualmente en promedio S/ 1600, el costo de energía activa es de S/ 0.53 por kW/h.

Para el proceso de corte la empresa tiene una pérdida de costo de tiempo muerto.

Costo de tiempo muerto de la máquina en un año.

$$0,53 \frac{\text{S/}}{\text{kWh}} \times 10\,330\text{ kWh} = 5\,474,9\text{ soles en un año.}$$

En el proceso de corte la empresa pierde aproximadamente en promedio S/ 5 475 soles, al año.

## **B. Equipo y maquinaria**

### **a. Causa: Maquinaria manual de baja capacidad**

Evidencia

La empresa cuenta con 4 máquinas tejedoras (telares)

#### **- Telares circulares**

Tienen un flujo de producción de 95 sacos por hora de 93 cm, a una velocidad de 1 800 Rpm, actualmente la empresa cuenta con cuatro máquinas tejedoras.

Su capacidad de producción diaria es de 11 horas con una producción de 1 048 sacos por cada telar.

La producción en el área de tejido de las 4 máquinas por hora es de 380 unidades haciendo un total de 4 180 unidades en un turno de 11 horas, trabajando 4 días a la semana realizan una producción de 16 720 unidades/semana.

Para el cálculo de la producción en la máquina de corte se ha considerado el tiempo de ciclo calculado anteriormente 15,15 segundos por unidad. Lo que indica que por hora solo puede

procesar 242 unidades y están ingresando 380 unidades del área de telares, lo que indica que 138 unidades se quedan esperando para ser procesado.

En la figura 41 se presenta el diagrama de flujo hasta llegar a la máquina de corte

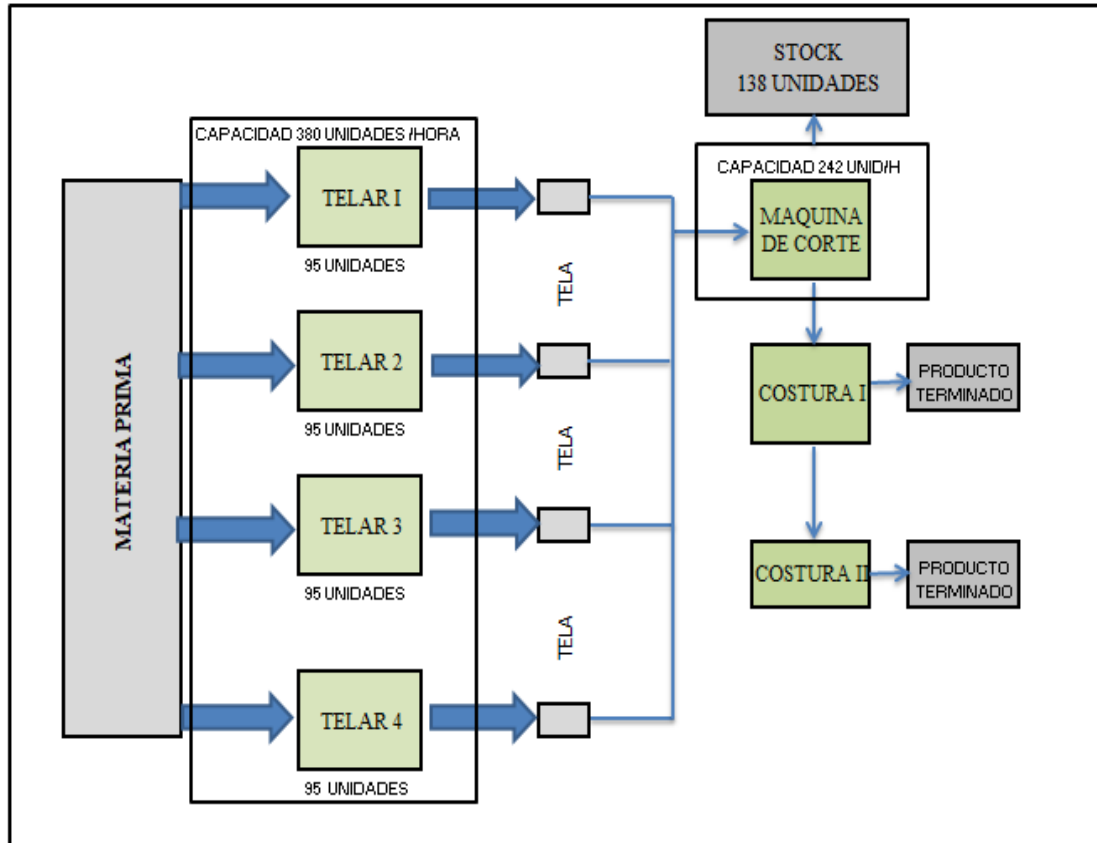


Fig 41. Diagrama de flujo del área de corte

Fuente: Perusac E.I.R.L

Con el diseño del sistema automatizado para el área de corte se aumentará la capacidad de la estación del área de corte, lo que permitirá balancear la línea de producción y no tener los cuellos de botella (productos en stock).

Se realizó un estudio de tiempos durante todo el proceso de elaboración de sacos de polipropileno.

En la figura 42 se presenta el diagrama de flujo del proceso de sacos de polipropileno.

**Diagrama 01:** Diagrama de flujo de materia prima

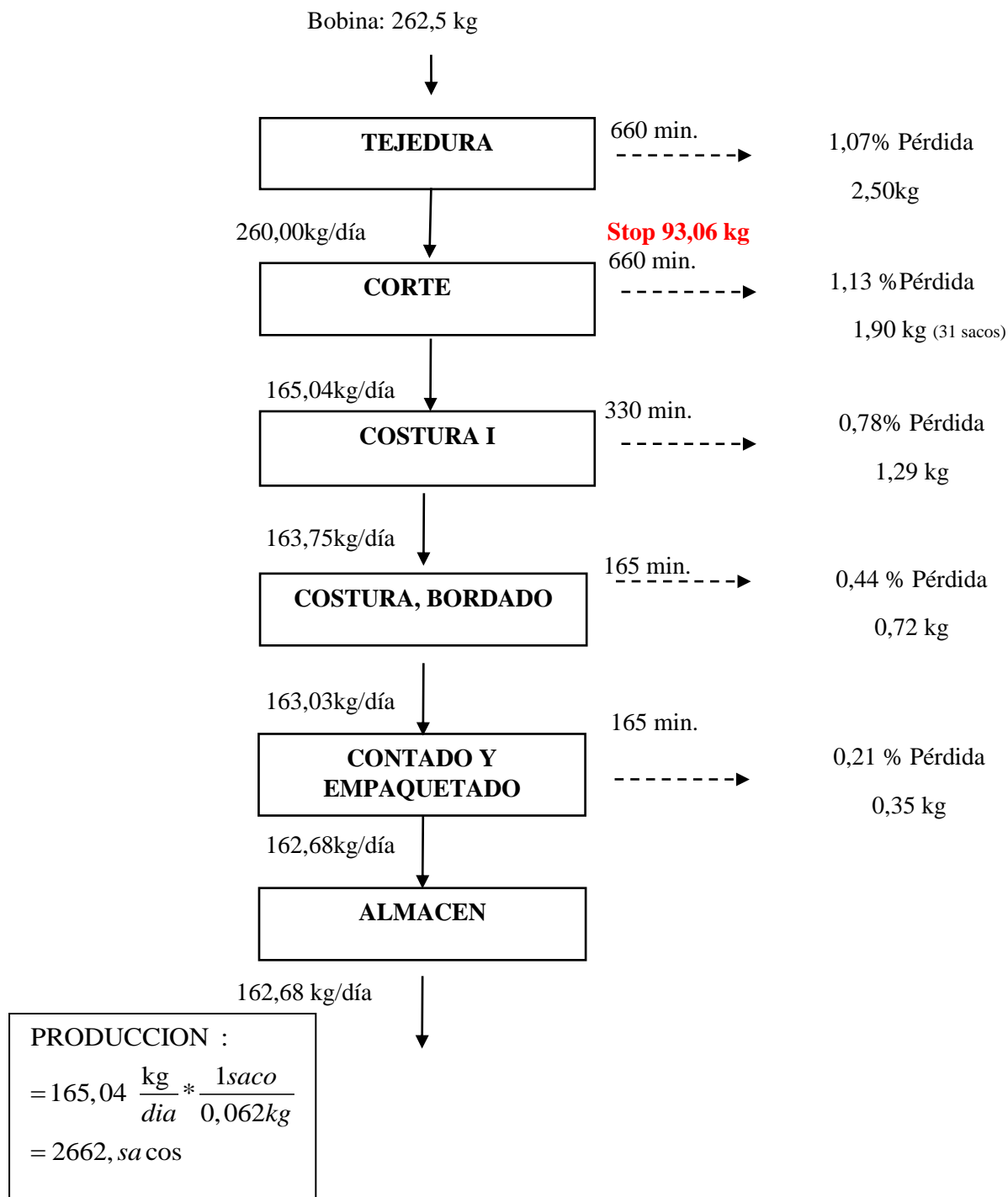


Fig 42. Diagrama de flujo

Fuente: Perusac E.I.R.L

Podemos observar en la tabla 18, que la producción de tejido se cuenta con 4 máquinas que producen 65 kg, haciendo las 4 máquinas una producción de 260 kg, equivalente a 4 192 unidades (sacos).

Tabla XXVIII.  
Producción de telares

Etapa	Máquinas	Condición	Producción en 11 horas		
			Unidades	kg/u	Total(kg)
Telares	Telar N° 1	Marca	1 048	0,062	65
	Telar N° 2	Marca	1 048	0,062	65
	Telar N° 3	Marca	1 048	0,062	65
	Telar N° 4	Marca	1 048	0,062	65
<b>Total</b>			<b>4 192</b>		<b>260</b>

Fuente: Perusac

Las 4 máquinas tejedoras hacen una producción de 380 unidades por hora que luego pasan al área de corte

La etapa de corte no se abastece producir el producto recibido de la etapa de telares, en 11 horas trabajadas por cada etapa en un solo turno formándose un cuello de botella en el proceso y un sobre stock (ver tabla 19).

#### - Etapa N° 2: Corte

Como se puede observar los telares envían 260 kg, pero la máquina de corte solo tiene capacidad para procesar 165,04 kg / día lo que origina un sobre stock, formando un cuello de botella debido a que la máquina de corte trabaja de forma manual con la necesidad de 2 operarios para su operación

Tabla XIX.  
Producción del área de Corte

Etapa	Máquinas	Producción en 11 horas		
		Unidades	kg/u	Total(kg)
AREA DE CORTE	Corte	2 661	0,062	165,04
	Costura I	5 806	0,062	360
	Costura II	5 806	0,062	360

Fuente: Perusac

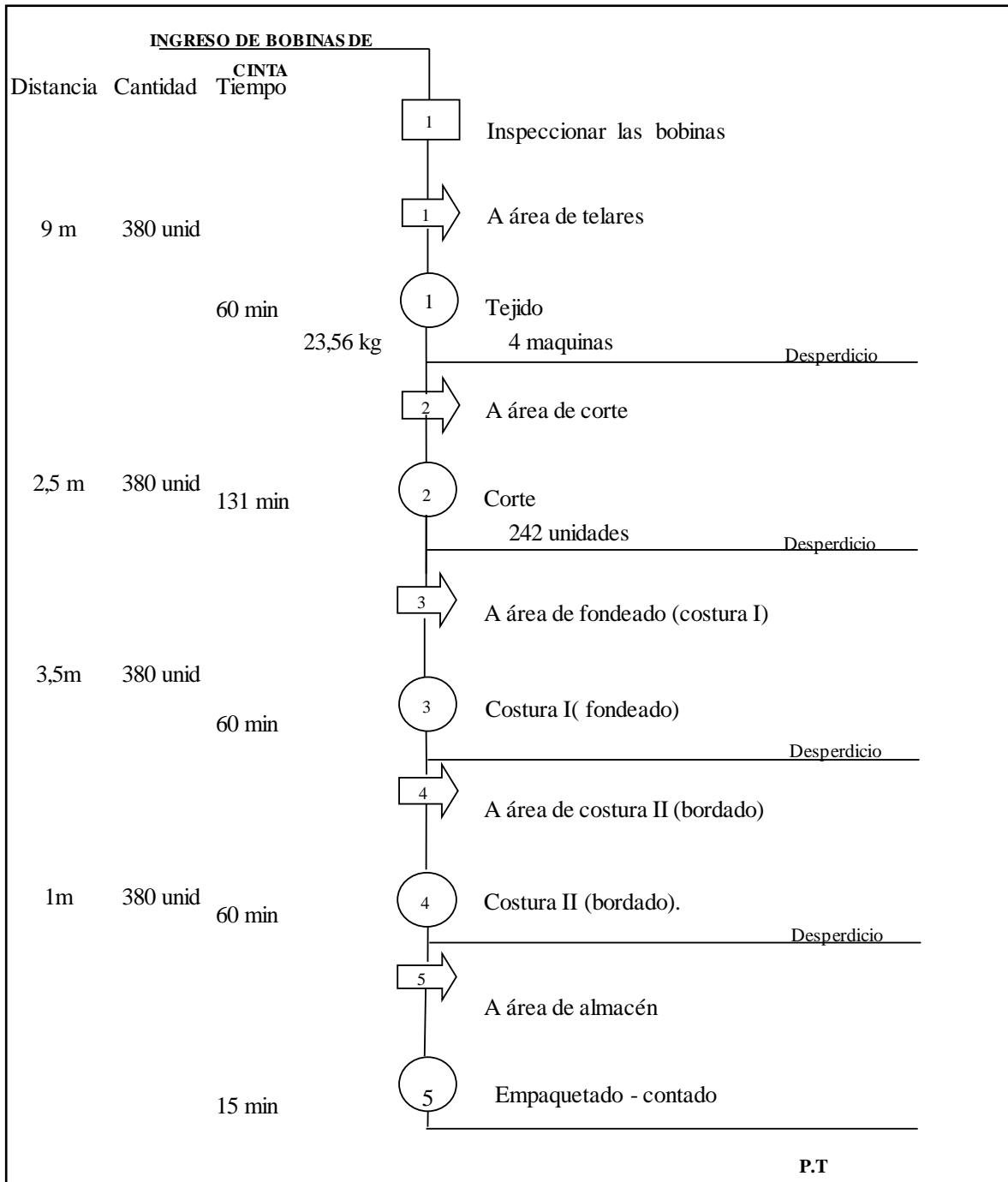


Fig 43. DAP (diagrama de análisis de Proceso de sacos de polipropileno)  
Fuente: Perusac E.I.R.L

Con el diseño propuesto de automatizar el área de corte se logrará mejorar la productividad, como se observa en la tabla 17, tenemos la producción del área de tejido de 260 kg, de las 4 máquinas en un turno de 11 horas, luego pasa al área de corte. Donde se presenta el cuello de botella por la poca capacidad de la máquina, que no abastece a procesar los productos que llegan del área de tejido. Lo que hace que tengamos una línea de producción desbalanceada.

- **Indicador**

Capacidad de producción por día en un turno de 11 horas del área de tejido es de 260 kg, frente a la capacidad de la máquina de corte de 165 kg en un turno de 11 horas. En tabla 19, se muestra que tenemos un sobre stop de 95 kg, que equivalen a 1 532 unidades, que espera a ser procesados en el día.

- **Impacto Económico**

El precio de venta de cada unidad bien procesada tiene una utilidad de S/ 0,15 céntimos, con ello se tienen el siguiente costo de oportunidad a continuación en la tabla 20, se muestra el resultante de los ingresos no percibidos por la baja capacidad de la maquinaria.

Tabla XX.  
Cantidades de ingresos no percibidos

Cantidad de Productos en stock	Kg x unidad	Unidades	Precio x Unidad ( Utilidad)	Ingreso no Percibido S/
95 kg x día	0,062	1 532	0,15	229,80
1 900 kg x mes	0,062	30 645	0,15	4 597,00
22 800 kg x año	0,062	367 742	0,15	55 161,00

Fuente: Perusac E.I.R.L.

Resumiendo, a continuación, en la tabla 21, se muestra las causas y sus impactos económicos durante un año.

Tabla XXI.  
Causas con sus impactos económicos

Causa	Indicadores
C1. Errores del operario al realizar la medida y calibración.	$FIT = \frac{23\ 638 - Scrap - 2\ 326}{23\ 638} = 90,15\%$
	T. Estándar = 13,53 x (1+0,12) = 15,15 s.
C2.: Saturación del operario.	$P_{MO} = \frac{2\ 662}{11\ Horas \times 1\ operario} = 242 \frac{Unidades}{Hombre}$
	$Rt_{o_{vol}} = 82\ %$
C3 Maquina manual Baja capacidad.	Eficiencia de la maquina: 42,11 %.
	138 unidades por hora se dejan de producir

Fuente: Perusac E.I.R.L

En la tabla 22. Se muestra los indicadores a utilizar.

Tabla XXII.  
Indicadores de causa 1-2-3.

Causa	Indicadores	
C1. deficiencia del operario al realizar la medida y calibración.	$FTT = \frac{23\ 638 - Scrap - 2\ 326}{23\ 638} = 90,15 \%$	El FTT es el indicador básico de calidad de un proceso, que como su nombre indica nos muestra el porcentaje correcto de unidades de manufactura que se hacen bien a la primera, sin necesidad de retrabajos adicionales.[14]
	T.Estándar = 16.39 x (1+0,11) = 15,5 s.	El tiempo estándar es el tiempo en que se puede realizar una tarea específica por una persona bien entrenada, trabajando a un ritmo normal y siguiendo un método establecido [14],[50].
C2.: Cansancio del operario.	Saturación del operario = 100%	Obsérvese que el concepto de productividad se basa en el concepto de estándar de trabajo y, consecuentemente, hay un incremento de productividad cuando hay una disminución del estándar de trabajo.[30]
	$P_{MO} = \frac{2\ 662}{11\ Horas \times Operario} = 242 \frac{unidades}{hora\ hombre}$	<b>Productividad de Mano de Obra.</b> Mide el número de unidades producidas por hora de mano de obra trabajada.
C3 Maquina manual Baja capacidad.	$Rto_{vol} = \frac{Piezas\ Reales}{Piezas\ programadas}$	Rendimiento de volumen Piezas programadas: son las piezas que según la programación del día debería sacar la máquina .Para este valor lo único que importa es la cantidad de piezas que debería haber producido. Piezas reales: son las piezas que realmente ha sacado la máquina
	$E_m = \frac{Tiempo\ de\ ciclo\ maquina}{Tiempo\ total\ del\ ciclo}$	Los principales indicadores que se pueden extraer de un diagrama hombre maquina son: Eficiencia de la maquina : 51,64% ,"Vasquez 2012"
	138 unidades por hora se dejan de producir	

Fuente : Perusac E.I.R.L

## **3.2. DESARROLLO DE LA PROPUESTA DE MEJORA**

En esta etapa, de desarrollo de propuestas de mejora se detallará la solución planteada según las causas diagnosticadas ya mencionadas en el capítulo anterior.

### **3.2.1. Diseñar un sistema de automatización para el área de corte para mejorar la productividad**

Según los datos y valores obtenidos en el diagnóstico por causas, se propone realizar un sistema de automatización para el área de corte como solución a las causas mencionadas C1, C2 Y C3.

En este objetivo se propuso diseñar un sistema de automatización para el área de corte con el fin de obtener mejoras en la productividad para el cual, se realizó una evaluación del estado actual. Observando que cuentan con maquinaria obsoleta, adaptada para que se trabaje manualmente y con sistemas poco eficientes que perjudican la productividad.

Según la investigación realizada la propuesta se adapta a la realidad del proceso de corte de sacos de la empresa PERUSAC E.I.R.L, pues como se mostró en el apartado anterior el sistema de control actual es de lazo abierto y debido a esto es que existe imprecisión en el control de temperatura de la cuchilla de corte y una alta variabilidad de productos defectuosos al final del proceso, puesto que se tienen reclamos por parte de los clientes después de una semana de haberles entregado el producto ya que no existe un control de calidad durante las operaciones, esto genera costos adicionales que se tiene que devolver los productos defectuosos y no se tiene una área de reproceso generando mermas que se tienen que desechar.

Para realizar el diseño del sistema automatizado para el área de corte de sacos de polipropileno se determina los pasos a seguir según la investigación realizada que justifica cada decisión tomada con el objetivo de aumentar la productividad.

### 3.2.2. Concepto general del diseño propuesto

En concepto general nace la cantidad de horas hombre que se necesita para producir una unidad, y por la saturación de los operarios al estar expuestos las 8 o 11 horas. Trabajando en una maquina manualmente, que como consecuencia tenemos perdidas económicas por la baja productividad que presenta como se muestra en la figura 44.

En la figura 45, se muestra el diseño de la máquina automatizada propuesta para incrementar la prouctividad.



Fig 44. Diseño de la máquina  
Fuente: Elaboracion Propia

Como se muestra en la figura 44, tenemos el operario expuesto de esfuerzos físicos, movimientos de columna, y la principal desventaja es que no tenemos sistemas de control; lo que se busca es tener el operario libre de exposiciones a su salud, mejor rendimiento de máquina, menos horas hombre y productos de calidad.

Se propone tener un diseño de una maquina automatizada y con una eficiencia que contribuya a mejorar la productividad para ello se realizó la investigación de cálculos de ingeniería que nos permita tener componentes que contribuyan en el sistema a realizar.

En la figura 45, se muestra el diseño de la maquina.



Fig 45. Diseño de la maquina

Fuente: Elaboracion Propia

Con lo comentado anteriormente, se ha planteado el diseño de la máquina de forma que el operario trabaje supervisando las dos máquinas que serán unidas entre sí para tener un mejor rendimiento en la máquina, por lo mismo que será automatizada teniendo como primer indicador menos horas hombre en el proceso.

Para presentar el concepto general del diseño se ha creído conveniente presentar el sistema automatizado en sub sistemas para manera de describir cada una de las formas.

- Sub sistema a estructura general.
- Sub sistema de explosión del diseño

Los requerimientos mínimos con los que debe cumplir el sistema son los siguientes.

- Cortar el saco de polipropileno en un tiempo menor al actual, se realizará por intermedio del sistema automatizado.
- Tener alta eficiencia y seguridad en el proceso.
- Tener al operario supervisando el proceso y no expuesto a esfuerzos físicos como actualmente.
- Fácil mantenimiento y calibración de la maquina
- Consumos de energía bajos a una red trifásica 380v
- Aumentar la productividad del proceso.

En base a los requerimientos, en la figura 46, se presenta el concepto de parte de la solución con sus 3 vistas principales en el sistema europeo y en la figura 47 la imagen de la vista trimétrica.

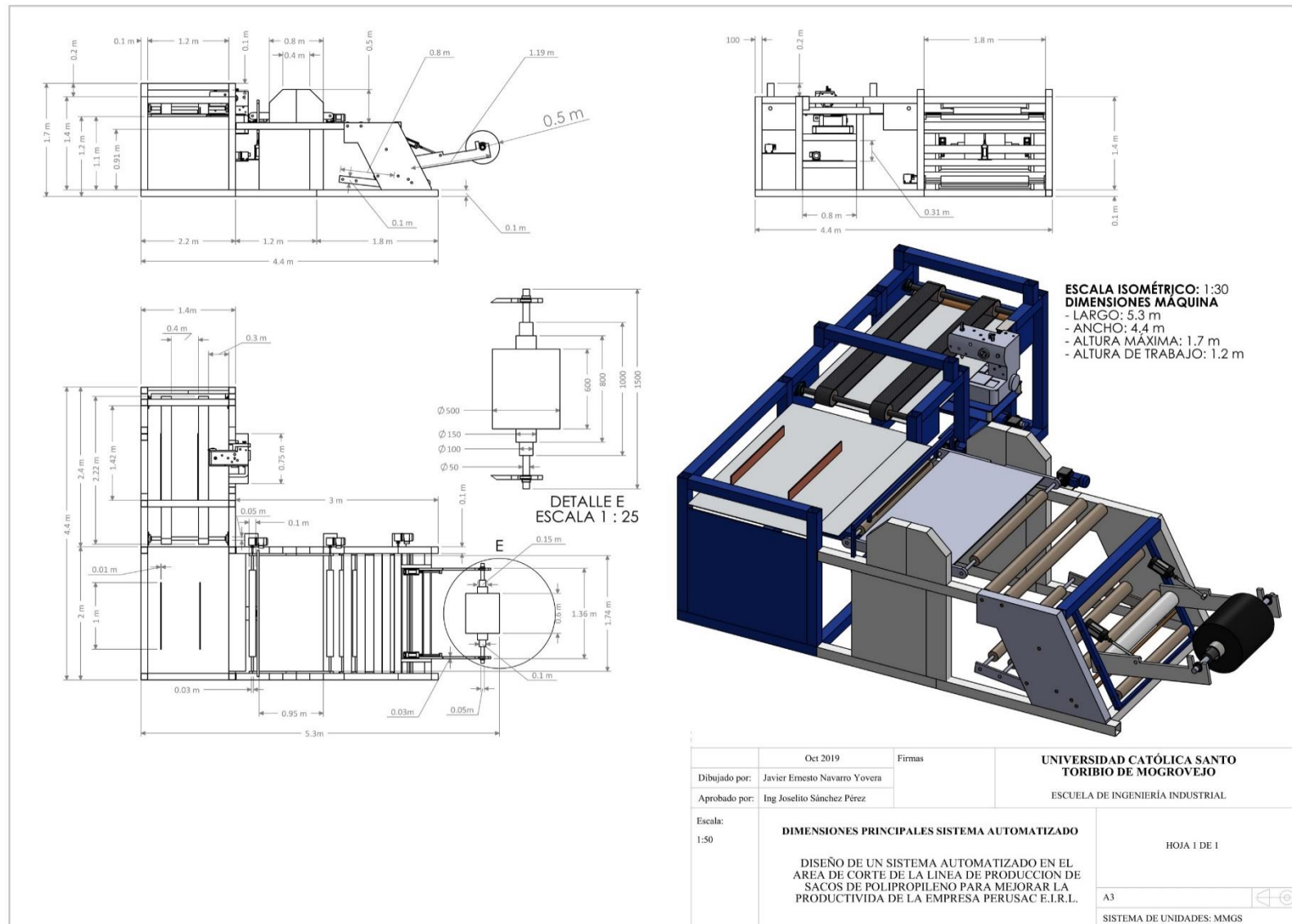


Fig 46. Vistas subsistema – Explosion de diseño

Fuente: Elaboracion Propia.

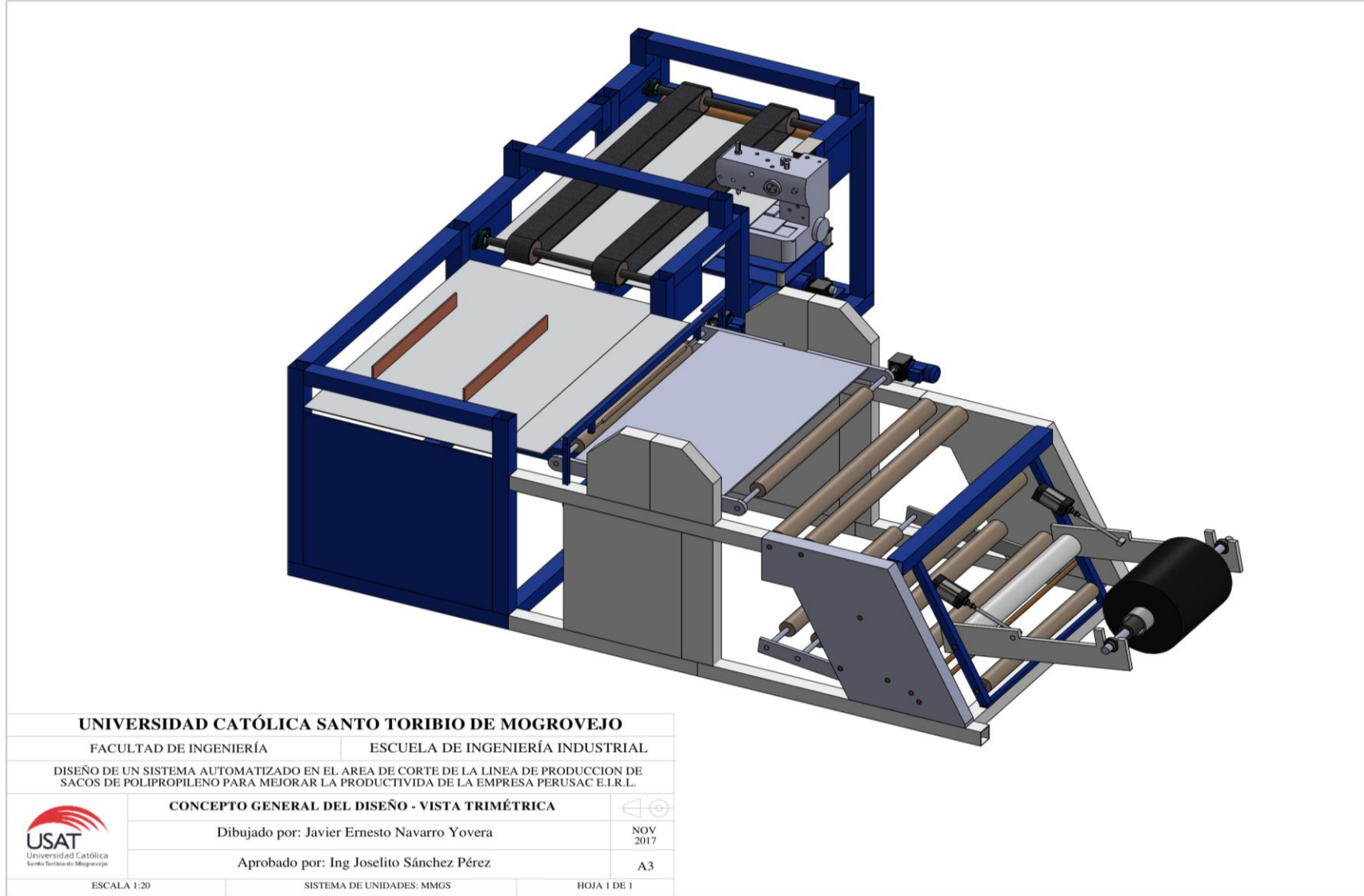


Fig 47. Vista trimetrica del concepto general del diseño – Renderizado general del diseño  
 Fuente. Elaboracion Propia

El concepto de la solución presentada nace de la experiencia e investigación del autor, del aporte del personal de la empresa y del asesor del proyecto, en búsqueda de que el diseño cumpla con requerimientos establecidos con el propósito de mejorar la productividad con la automatización de acuerdo a la investigación del proyecto. A continuación, se detallará cada subsistema.

### **3.2.2.1 Soporte general**

El objetivo de este subsistema es brindar el soporte adecuado a toda la estructura que realizara el proceso de corte de tela para obtener el saco como producto terminado.

En la figura 48. Se presentan las vistas principales del despiece de la estructura. Asimismo, en la tabla 22, la lista de los materiales a utilizar.

Para el armado de la estructura, se realizará un proveedor externo a quien se le brindara el diseño para el ensamble de los elementos que se unen entre sí a través de soldadura y que se unen para formar la estructura final a través de ensambles no permanentes (pernos y tuercas). La Inspección final: Si todo ha estado dentro de las especificaciones no debe ocurrir ningún inconveniente con la estructura. Nivelar la mesa es parte de esta etapa.

Para la fabricación del soporte general se ha optado por tubos cuadrados laminados en caliente, planchas laminadas en caliente, platinas o soleras y ángulos estructurales. La justificación para estas elecciones se debe a que en la industria metalmecánica (tanto fabricantes como proveedores), se recomienda el uso de estos materiales cuando se requiere fabricar estructuras metálicas debido a su resistencia, durabilidad y versatilidad, ya que se puede adaptar a cualquier tipo de ambiente.

A continuación, en la tabla 23, se muestra la lista de los materiales más resaltantes en el ensamble.

Tabla XXIII.  
Lista de materiales de estructura de la máquina

Tabla 23. Lista de materiales de estructura de la maquina.			
Item	Cantidad	Unidades	Descripción
1	10	unidades	Rodillo metalico cromado de 2,5 pulgadas de diametro por 1,10 metros por 3 mm de espesor.
2	3	unidades	Tubo cuadrado de acero laminado frio de 1 1/2 pulgada por 1,10 metros de 3 milimetros de espesor
3	2	unidades	Tubo cuadrado de acero laminado frio de 1 1/2 pulgada por 0,40 metros de 3 milimetros de espesor
4	1	unidad	Plancha metalica 962 de acero inoxidable de 1,40 metros por 1,10 metros por 5 mm de espesor.
5	4	unidades	Plancha metalica 962 de acero inoxidable de 0,40 metros por 0,20 metros por 5 mm de espesor.
6	2	unidades	ejes de acero sae 1045 de 1,15 metros por 1 1/2 pulgadas de diametro
7	4	unidades	Tubo cuadrado de acero laminado frio de 3 pulgada por 0,20 metros de 3 milimetros de espesor
8	2	unidades	Tubo cuadrado de acero laminado frio de 3 pulgada por 0,50 metros de 3 milimetros de espesor
9	4	unidades	Plancha metalica 962 de acero inoxidable de 0,25 metros por 0,30 metros por 5 mm de espesor.( según diseño)
10	4	unidades	Plancha de galvanizada n°14 de 0,50 metros por 0,80 metros
11	2	unidades	Tubo cuadrado de acero laminado frio de 3 1/2 pulgada por 1,40 metros de 3 milimetros de espesor
12	2	uniades	Tubo cuadrado de acero laminado frio de 2 1/2 pulgada por 0,80 metros de 3 milimetros de espesor
13	2	uniades	Tubo cuadrado de acero laminado frio de 3 pulgada por 2,40 metros de 3 milimetros de espesor
14	2	uniades	Tubo cuadrado de acero laminado frio de 2 1/" pulgada por 1,30 metros de 3 milimetros de espesor
15	4	unidades	Plancha de galvanizada n°14 de 1,20 metros por 0,40 metros ( según diseño)
16	4	unidades	Plancha de galvanizada n°14 de 0,70 metros por 0,50 metros ( según diseño)

Fuente: Elaboración propia

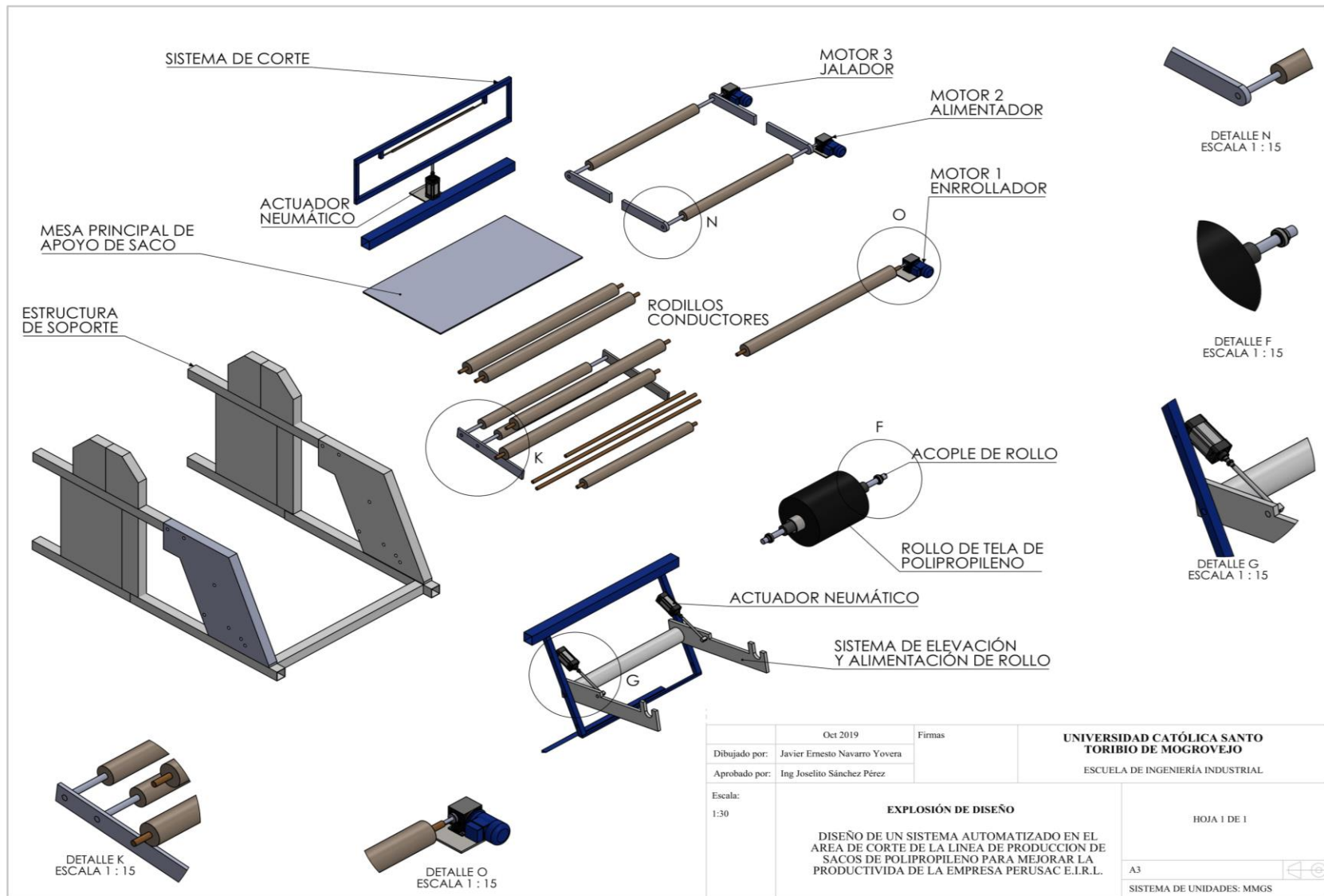


Fig 48. Vistas Subsistema – Explosion del diseño

Para cumplir con el ensamble de las piezas de la maquina se evaluó las características de los materiales de acuerdo a los cálculos realizados.

Además de los materiales nombrados en la tabla 23, para el armado de la estructura de la máquina y acople serán necesarios también accesorios y herramientas:

### 3.2.2.2. Máquinas y equipos del diseño propuesto

#### ▪ Actuadores neumáticos

En el diseño propuesto se necesita un cilindro neumático para realizar la operación de levantar el rollo de tela que se muestra en la figura 44, para ello se realizaran los cálculos según el peso a levantar promedio de 90 kg.

#### ▪ Cilindro Neumático

Hay 3 factores fundamentales a tener en cuenta en el cálculo de cilindros neumáticos. La presión del aire, el diámetro del cilindro y el rozamiento de las juntas. Las ecuaciones para la fuerza teórica son las mostradas a continuación. (Instituto Politécnico Nacional)



Fig 49. Actuador neumático. [15]

Donde:

$A$  = Superficie útil del émbolo

$P$  = Presión de trabajo

$F$  teórica = Fuerza teórica del émbolo

$$F \text{ teórica} = A \times p$$

Pero en la vida real es necesario tener en cuenta el rozamiento, este se puede tomar como un valor entre el 3% y 20% cuando el sistema trabaja entre 4 y 8 bar. Por esta razón la ecuación queda de la siguiente manera para cilindros de doble efecto:

$$F_n = A \times p - F_r \text{ (al avance)} \quad F_n = A' \times p - F_r \text{ (al retroceso)}$$

$$A = (D^2 \times \pi) / 4$$

$$A' = 8(D^2 \times d^2 \times \pi) / 4$$

Donde:

$F_r$  = Fuerza de rozamiento (3% al 20%)

$D$  = Diámetro del émbolo

$d$  = Diámetro del vástago

$F_e$  = Fuerza efectiva o real del émbolo (3% al 20%)

Otro de los cálculos más importantes en los cilindros neumáticos es el referente al consumo de aire.

$$\text{Consumo de aire} = (s \times A + s \times A') \times n \times \text{Relación de compresión}$$

$$\text{Relación de compresión} = \frac{101,3 \text{ kPa} + \text{presión de trabajo}}{101,3 \text{ kPa}}$$

Dónde:

$s$  = Longitud de carrera

$n$  = Ciclos por minuto

Para el subsistema de avance para levantar el rollo se ha optado por el cilindro de doble efecto de 50 mm de diámetro de émbolo, con un vástago M10, una carrera de 200 mm, con 8 ciclos por minuto (tiempo estimado de entrada y salida de 7,5 segundos) y con suministro de aire a través de un compresor de 8 bar de presión.

El actuador neumático tiene que bajar y subir una masa aproximada de 90 kg (La masa total fue determinada en el anexo 5). Con los cálculos se determinará si la fuerza que desarrolla el émbolo será la necesaria para empujar el conjunto motor estructura con un peso aproximado de 90 kg, así como el consumo de aire.

Lo primero que hacemos es determinar las áreas efectivas tanto al avance como al retroceso, es decir hallamos A y A'.

$$A = \frac{(5)^2 \times \pi}{4} = 19,6 \text{ cm}^2$$

$$A = \frac{(5)^2 \times (1)^2 \times \pi}{4} = 19,6 \text{ cm}^2$$

Con estos valores de A y A' determinamos la fuerza teórica al avance y al retroceso, así como la fuerza real desarrollada por el émbolo considerado un porcentaje de la fuerza de rozamiento del 20%, debido a que se trabaja con una presión de 8 bar.

Al avance:

$$F \text{ teórica} = A \times p = 19,6 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \times 800\,000 = 1\,568 \text{ N}$$

$$F_r = 313,6 \text{ N (20\% de la fuerza teórica)}$$

$$F_n = 1\,568 \text{ N} - 313,6 \text{ N} = 1\,255 \text{ N}$$

Al retroceso:

$$F_{teórica} = A \times p = 19,6 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \times 800\,000 = 1\,568 \text{ N}$$

$$F_r = 313,6 \text{ N (20\% de la fuerza teórica)}$$

$$F_n = 1\,568 \text{ N} - 313,6 \text{ N} = 1\,254 \text{ N}$$

Considerando que la masa a mover es de 90 kg, equivalente a 882 N (considerando gravedad), se asegura que el actuador neumático tendrá la fuerza necesaria para mover los brazos tanto al avance como al retroceso.

Finalmente, determinamos la relación de compresión y el consumo de aire:

$$\text{Relación de compresión} = \frac{101,3 \text{ kPa} + 800 \text{ kPa}}{101,3 \text{ kPa}} = 8,9$$

*Consumo de aire =*

$$\begin{aligned} & (12,5 \text{ cm} \times 19,6 \text{ cm}^2 + 12,5 \text{ cm} \times 19,6 \text{ cm}^2) \times 8 \times 8,9 \\ & = 17\,689 \frac{\text{cm}^3}{\text{min}} = 17,7 \text{ l/min} \end{aligned}$$

El sistema neumático tendrá un consumo de aire de 17,7 litros por minuto. Considerando que para elevar los rollos necesitarán 2 cilindros, el consumo será de 35,4 litros por minuto. Un compresor de 2 HP a 10 bar de presión tiene un flujo de entrada de aire de 156 litros por minuto, por lo que el consumo de aire que necesitan los actuadores es menor y por lo tanto correcto en relación a la generación de aire por parte del compresor, sobrando aún 120,6 litros por minuto para el subsistema de posicionamiento de otras máquinas en la empresa. En el anexo I, muestra las características del compresor.

El sistema neumático estará compuesto por los siguientes equipos:

- Cilindro neumático ISO 15 552
- Electroválvula de 5 a 2 vías.
- Compresor de 2 HP a 10 bar.

Características del actuador Neumático.

Tabla XXIV.  
Características del motor enrollador existente

Item	Descripción
Nombre	Cilindro Normalizado ISO 15 552
Diametro del embolo	50 mm
Diametro del vástago:	200 mm
Marca	festo pero

Presentados los subsistemas que componen el sistema automatizado, se procede indicar las características del motor existente en la maquina (motor enrollador) para calcular el variador se tienen en cuenta los datos característicos de la tabla 25.

Tabla XXV.  
Características del motor enrollador existente

Ítem	Descripción
Marca	WEG
Potencia	1,5 hp
Frecuencia	60 Hz
Rpm	930 Rpm
Voltaje	220 /380 Voltios
Corriente	4,5 / 2,5 amperios

Fuente : perusac E.I.R.L

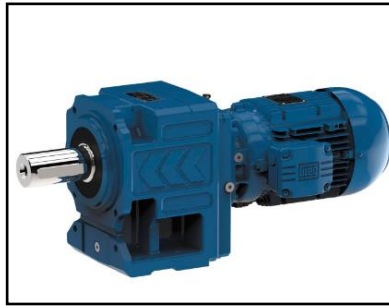


Fig 50. Motoreductor WEG  
Fuente: Perusac

Tal como se muestra en la tabla 24, tenemos un motor trifásico de 930 Rpm, 8 polos con una potencia de 1,5 HP, con un reductor a 350 rpm. Se utilizará el mismo motor para el diseño, las revoluciones por minuto serán gobernadas mediante un variador de velocidad para regular a un promedio entre 220-230 rpm balanceado que se iguale al avance del corte.

Se procederá a regular la velocidad despejando la fórmula de la ecuación 21 para llegar a velocidad en RPM, con el variador de frecuencia.

La velocidad asíncrona es la velocidad del rotor del motor, el rotor de los motores de inducción gira a una velocidad menor que la síncrona, esto es debido al fenómeno llamada deslizamiento.

Por lo tanto, la velocidad en Rpm está ligada a la frecuencia de alimentación y al número de pares de polos de la relación y la ecuación que relaciona estas variables en motores asíncronos y se plantea con la siguiente ecuación.

$$n = \frac{-120 f(1 - s)}{P}$$

Ecuación 21: Velocidad angular para motores asíncronos

Fuente: Diez Bravo 2014

P = Numero de Polos

F = Frecuencia de red de alimentación

n = velocidad de sincronismo en revoluciones por minuto (RPM)

s = Factor de desplazamiento (entre 3% a 7%).

La frecuencia: 60 Hz.

$$n \frac{120 \times 60}{8} (1 - 0,07) = 837 \text{RPM}$$

El cálculo nos da un resultado de 837 RPM, pero en el motor tenemos una rotación nominal de 930 RPM.

Teniendo la velocidad que necesitamos para el motor del enrollador (230 RPM).

$$\frac{n \cdot p}{(1 - s)120} = f$$

$$\frac{230(8)}{(1 - 0,07)120} = 16 \text{Hz}$$

Dichas frecuencias serán necesarias para la configuración del variador de velocidad para asegurar la velocidad que se necesita para el proceso. Del motor enrollador como el motor alimentador y jalador.

Con la frecuencia encontrada se realizará la configuración de las velocidades de los 2 motores (alimentador y jalador) según los cálculos la frecuencia oscilará entre 16 - 20 Hz.

$$\frac{240(8)}{(1 - 0,07)120} = 18 \text{Hz}$$

Un valor comprendido en ese rango permitirá tener las velocidades necesarias para el proceso de corte de sacos de polipropileno, asimismo el operador se le capacitará para que pueda tener la configuración de los equipos.

### **3.2.2.3. Sistema eléctrico y de control**

Para realizar el sistema de control automatizado para el área de corte se tiene que realizar los siguientes pasos:

- Determinación del sistema de control a utilizar de acuerdo a la investigación.
- Determinación de controlador lógico programable.
- Sistema de control por PLC para la sincronización de todos los elementos de control

En los sistemas industriales se emplea los siguientes sistemas de control.

- De dos posiciones (todo o nada)
- Proporcional en tiempo variable
- Flotante
- Proporcional
- Proporcional integral
- Proporcional derivada
- Proporcional integral derivada.

Para el desarrollo de la propuesta de diseño del sistema automatizado se realizará un sistema de lazo cerrado controlado por PID.

En la figura 51 se muestra un control PID

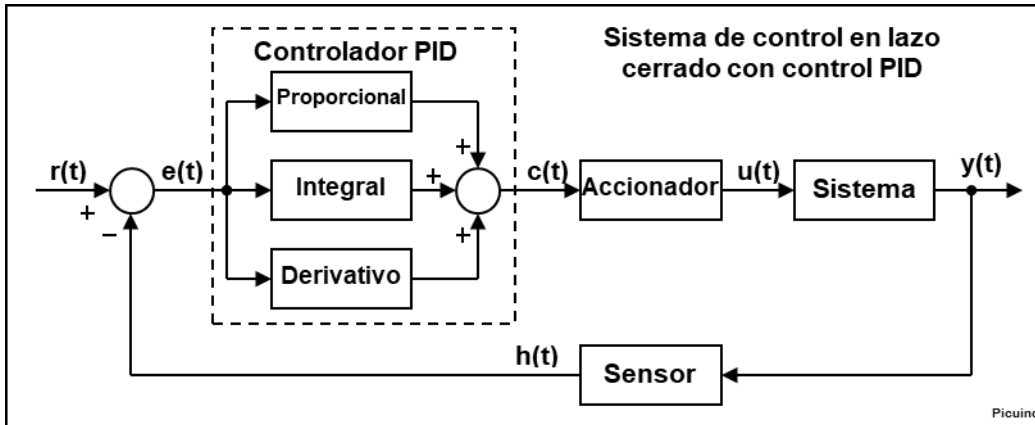


Fig 51. Control PID - Lazo cerrado. [25]

Para el cálculo del PID se desarrolló teniendo en cuenta las características de la resistencia.

Para calcular los parámetros del sistema de control y tengamos una respuesta al escalón fijando la señal de control se toma en cuenta el voltaje del sensor entre en 0 voltios con un escalón de 5 voltios. El sistema responde cambiando desde 25 °C a 120 grados centígrados. Los tiempos son los que aparecen en las gráficas, con lo cual los valores de la curva de respuesta del sistema son los siguientes.

- Temperatura ambiente 25°
- Temperatura del según ficha técnica (fusión – 120 °C)
- Tiempo muerto (T1)
- Tiempo de subida (T2)

El tiempo  $t_1$ , corresponde al tiempo muerto. Este es el tiempo que tarda el sistema en comenzará a responder. Este intervalo se mide desde que la señal escalón sube, hasta el punto de corte de la recta tangente con valor inicial del sistema, que en este caso es el valor 25°C

El tiempo T2 es el tiempo de subida. Este tiempo se calcula desde el punto en el que la recta tangente corte al valor inicial del sistema hasta el punto en el que la recta tangente llega al valor final del sistema.

A continuación, en la figura 52, se muestra la gráfica de T1, T2

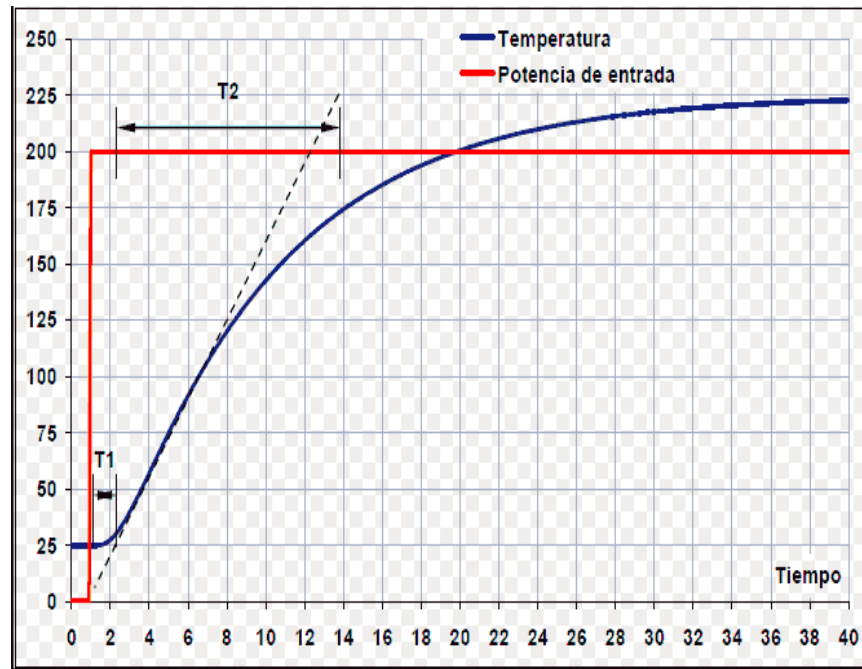


Fig 52. Gráficos de temperaturas -T1 - T2. [25]

A partir de estos valores se puede calcular la constante del sistema  $K_o$ .

$$K_o = (dx * T_2) / (dy * T_1)$$

$$dx = 5 - 0 = 5 \text{ voltios.}$$

$$dy = 120 - 25 = 95 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_i = 2,2 - 1 = 1,2 \text{ segundos.}$$

$$T_2 = 13,8 - 2,2 = 11,6 \text{ segundos.}$$

A partir de la constante  $K_o$  se pueden calcular los parámetros del controlador PID con acción solo proporcional (P), proporcional e integral (PI) o proporcional integral y derivada (PID)

Tabla XXVI.  
Cálculo de valores PID. [25]

	Kp	Ti	Td
P	0,71		
PI	0,9*Ko	3,3*T1	
PID	1,2*Ko	2*T1	0,5*T1
	Kp	Ti	Td
P	Ko		
PI	0,64	3,96	
PID	0,852	2,4	0,6

La constante Kp corresponde a la ganancia proporcional, Ti es la constante de tiempo derivativa, en el caso de tener el controlador PID configurado con las ganancias integral Ki y derivativa Kd en vez de los tiempos Ti y Td, hay que tener en cuenta las siguientes relaciones ( $K_i = K_p/T_i$ ) ( $K_d = K_p*T_d$ ).

Tabla XXVII.  
Valores para ajustar el PID. [25]

	Kp	Ki	Kd
P	Ko		
PI	0,9*Ko	3,3*T1	
PID	1,2*Ko	2*T1	0,5*T1
	Kp	Ki	Kd
P	0,71		
PI	0,64	0,16	
PID	0,852	0,35	0,51

Resistencia para el proceso de corte.

CONTROL DE TEMPERATURA DE UNA RESISTENCIA		
PARÁMETROS DE LA RESISTENCIA		
Potencia Resistencia	200	[W]
Resistencia térmica	1.00	[°C/W]
Capacidad calorífica	10	[J/°C]
Intervalo tiempo	0.1	[s]
Tensión de control	10	[v]

Fig 53. Parámetros de resistencia

Fuente: Perusac E.I.R.L

Teniendo los datos se procede a realizar los cálculos matemáticos: Método de Ziegler – Nichols.  
[25]

En la tabla 28. Se muestra la Hoja de cálculo programada.

Tabla XXVIII.  
Calculo para control de temperatura por PID. [25]

<b>CONTROL DE TEMPERATURA.</b>		
<b>PARÁMETROS DE LA RESISTENCIA</b>		
Potencia Resistencia	200	[W]
Resistencia térmica	1.00	[°C/W]
Capacidad calorífica	10	[J/°C]
Intervalo tiempo	0.1	[s]
Tensión de control	10	[v]
<b>CONTROL PID</b>		
Temperatura ambiente	25	[°C]
Temperatura inicial		
RESISTENCIA	120	[°C]
Temperatura de Referencia	95	[°C]
Kp	0.71	
Ki	0.16	
Kd	0.51	
Ki (Error limit)	0.35	[°C]
<b>PARAMETROS PID</b>		
Ti =	2.40	[s]
Td =	0.60	[s]
<b>LAZO CERRADO</b>		
Lazo abierto	NO	
Señal de control		

Según los cálculos efectuados en la hoja de cálculo de la tabla para el control PID, se muestran las constantes a ser programadas. Se muestra la gráfica del PID de temperatura para el proceso de corte, cabe indicar que como perturbación que podría alterar el sistema tenemos.

- Denier de la cinta que se controla por el peso de la tela según las medidas del saco.
- Medio ambiente (temporadas)

En la figura 54 se muestra el sistema controlado.

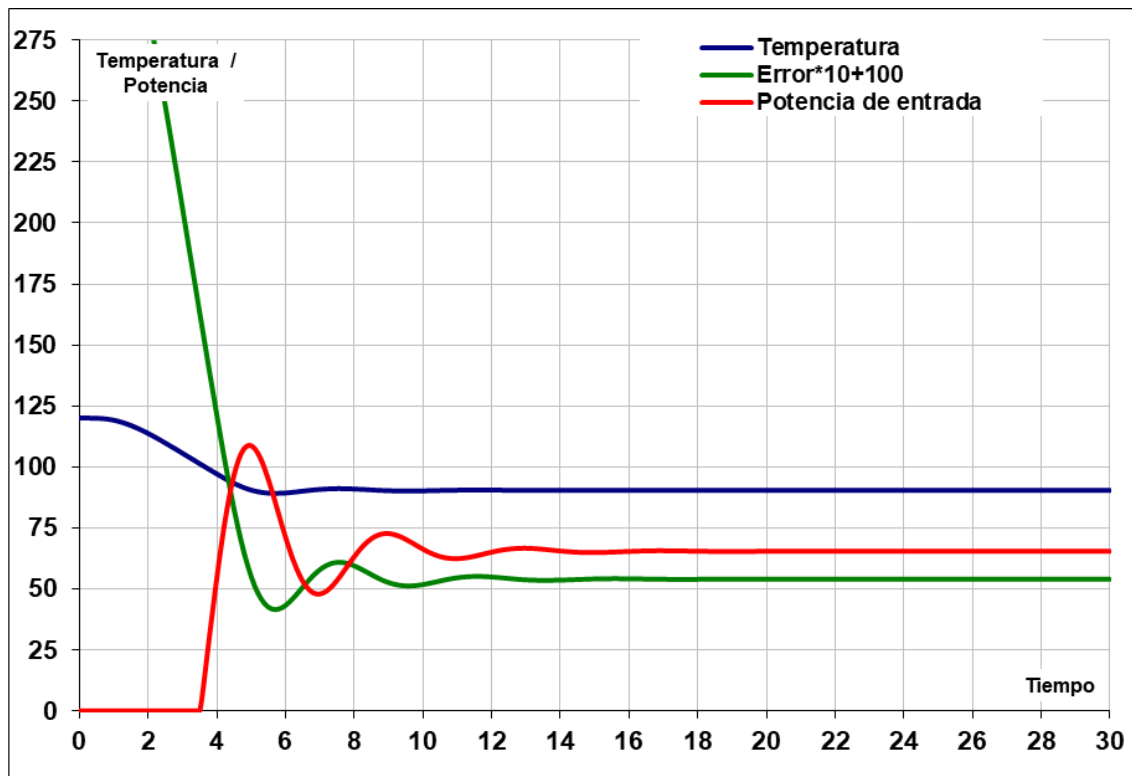


Fig 54. Grafica de control PID. [25]

Elaboración Propia.

#### ▪ Selección de equipos para el sistema automatizado

La elección de los equipos a utilizar será calculada de acuerdo a las características que se requieran para tener un sistema automatizado confiable y que cumpla los sistemas de protección tanto a trabajador como también a la máquina, teniendo como resultado mejorar la productividad.

Características de los equipos a utilizar.

- 1 motores eléctricos de 1,5 HP
- 3 variadores de velocidad
- 1 PLC TM24IC40IR
- Sensores Ópticos.
- Electroválvula
- Fuente rectificadora
- Controlador de potencia

Para llegar a tener una producción en el área de corte que se nivele a la producción de tejido se procederá a calcular la frecuencia de los motores existentes como también el que se acoplara para el sistema de jalado del saco.

El motor del enrollador actualmente trabaja a 16 Hz (230 RPM) y hace una producción de 4 sacos por minuto.

Esta velocidad en el enrollador nos permite poder calcular su velocidad de deslizamiento para tener una base de cuanto se necesita hasta el final del proceso para tener un sistema de producción balanceado.

En la tabla 13 tenemos la producción del área de tejido de 23,6 kg por hora, 260 kg en un turno de 11 horas equivalente a 4 192, sacos por día a un peso de 62 gramos cada unidad. Luego de ser procesados en el area de tejido. La tela es enrollada en rollos de 90-115 Kg, Estos rollos de tela son transportados al área de corte para la continuacion del proceso. Actualmente en el area de corte solo puede procesar 165.04 kg en 11 horas.

Producción a calcular para tener mejoras de productividad en el area de corte.

Motor enrollador: abastece para un corte de 4 sacos por minuto, y 242 unidades por hora, equivalente a un peso es 14,88 kg. A una velocidad de 230 RPM, regulada en el variador a 16 Hz, Esta operación nos da datos para poder calcular la frecuencia que necesitamos para un corte de a 16 Hz tenemos una velocidad de 230 RPM, que equivale a 14,88 kg.

Debemos producir 32 kg para alinear el proceso para ello se plantea una ecuación simple para encontrar la velocidad que permita elevar la productividad en el área de corte.

$$\frac{230 \text{ RPM}}{X} \cdot \frac{14,88 \text{ Kg}}{32,7}$$

$$X = 505 \text{ RPM}$$

$$\frac{n \cdot p}{(1 - s)120} = f$$

Con la RPM encontradas se programará el variador de frecuencia a 36,2 para tener una producción de entrega de tela de 527 sacos.

$$\frac{505(8)}{(1 - 0,07)120} = 36,2 \text{ Hz}$$

La frecuencia encontrada nos permitirá configurar el variador de velocidad a 36,2 Hz para el motor del enrollador, para los dos motores más se considerará el peso de los rodillos a mover en este caso los rodillos tienen un peso de 1,2 kg cada uno y cada motor mueve 2 rodillos cada uno. Un rodillo acoplado al motor y uno conducidos (rodillos locos), haciendo un peso de 2,4 kg.

Para poder tener los cálculos del motor a elegir en este caso se considera la velocidad encontrada y la potencia.

Un motor tiene dos características principales, velocidad y potencia. Esta velocidad y potencia llevan aparejado un torque o par que puede liberar el motor. Es precisamente ese par lo que permitirá que podamos girar o no una determinada carga, ya que mientras más alto el torque más carga podremos girar. Esta combinación de potencia, par y velocidad de un motor está regida por la siguiente ecuación:

$$\text{Par ( en kg - m )} = \frac{\text{Potencia ( HP )} \times 746}{\text{RPM de salida}}$$

Para 505 RPM el par será de:

$$\text{Par ( en kg - m )} = \frac{1,5\text{HP} \times 746}{505 \text{ de RPM}} = 2,21 \text{ kg - m}$$

Como resultado tenemos el peso según la ecuación es de 2,21 kg - m, que es inferior a la carga a mover que en este caso se considera el peso de los rodillos. Que tienen como peso 1,2 kg cada rodillo, pero siempre no se trabaja al 100 % por lo tanto es considerable la velocidad según la carga.

Con la frecuencia encontrada se realizara la configuración de las velocidades de los 2 motores (alimentador y jalador) según los cálculos la frecuencia oscilara entre 36,2 - 40 Hz.

Teniendo estos parámetros se buscó un variador de características.

Voltaje 380 voltios, Potencia 1,5 hp; Frecuencia 0,5 Hz a 500 Hz. En la figura 55, se muestra el variador de velocidad.

Para la elección de los variadores de velocidad se tomaron en cuenta para la elección:



Fig 55. Altivar ATV312HU15N4. [45]

En la figura 56, se muestran las características del variador elegido según Schneider electric.

Serie ATV312H\*\*\*N4 de alimentación trifásica 50/60 Hz : 380 V - 15%...480 V + 10% IP20

Motor		Red	ATV312						
Potencia nominal	HP	KW	Corriente de línea A	Máxima corriente de salida permanente In	Máxima corriente Transitoria It (60 seg) A	Alto x ancho x profundidad	Referencia	Precio \$/.	Cantidad Indivisible
0.75	0.55	2.2	1.9	2.9	143 x 107 x 152	ATV312H055N4	1,002.80	1	
1	0.75	2.7	2.3	3.5	143 x 107 x 152	ATV312H075N4	1,073.10	1	
2	1.5	4.8	4.1	6.2	143 x 107 x 152	ATV312HU15N4	1,313.60	1	
3	2.2	6.7	5.5	8.3	184 x 142 x 152	ATV312HU22N4	1,532.00	1	
-	3	8.3	7.1	10.7	184 x 142 x 152	ATV312HU30N4	1,670.60	1	
5	4	10.6	9.5	14.3	184 x 142 x 152	ATV312HU40N4	1,921.50	1	
7.5	5.5	16.5	14.3	21.5	232 x 180 x 172	ATV312HU55N4	2,334.20	1	
10	7.5	21.0	17	25.5	232 x 180 x 172	ATV312HU75N4	3,002.00	1	
15	11	28.4	27.7	41.6	330 x 245 x 192	ATV312HD11N4	3,951.20	1	
20	15	36.8	33	49.5	330 x 245 x 192	ATV312HD15N4	5,010.60	1	

Fig 56 . ATV312HU15N4. [45]

Como se muestra en la figura 56, las características resaltadas de azul son las del variador que se utilizaría para el enrollador. Es un variador para una red trifásica para una potencia de 1,5 Hp.

A continuación, en la figura 57, se muestra las características del motor a que trabajaría con el variador según los parámetros.

**W22 - IE3 Premium Efficiency - 60 Hz**

Potencia		Carcasa	Par nominal (kgfm)	Corriente con rotor trabado I/In	Par con rotor trabado Tl/Tn	Par máximo Tb/Tn	Momento de inercia J (kgm²)	Tiempo máximo con rotor trabado (s)		Peso (kg)	Nivel de ruido dB(A)	380 V						Corriente nominal In (A)				
kW	HP							% de la potencia nominal				RPM	Caliente	Frio	Rendimiento				Factor de potencia			
								50	75						100	50	75		100			
0,12	0,16	71	0,144	2,8	1,9	2,0	0,0009	169	372	9,5	45	810	48,0	54,0	59,5	0,32	0,40	0,48	0,638			
0,18	0,25	80	0,209	3,5	1,8	2,2	0,0027	52	114	12,0	46	840	51,0	57,0	64,0	0,44	0,56	0,65	0,657			
0,25	0,33	80	0,292	3,6	1,9	2,2	0,0032	49	108	14,5	46	835	56,0	60,0	68,0	0,44	0,56	0,66	0,846			
0,37	0,5	90S	0,429	3,4	1,7	2,3	0,0055	40	88	19,5	47	840	58,0	63,0	72,0	0,40	0,51	0,60	1,30			
0,55	0,75	90L	0,638	3,7	1,9	2,3	0,0066	35	77	23,0	47	840	62,0	65,0	74,0	0,40	0,52	0,60	1,89			
0,75	1	L90L	0,864	4,1	2	2,3	0,0077	25	55	25,0	47	845	66,0	71,0	72,0	0,40	0,51	0,60	2,64			
1,1	1,5	100L	1,24	4,7	2	2,4	0,0143	48	106	33,0	54	865	75,5	79,0	81,6	0,40	0,52	0,60	3,42			
1,5	2	112M	1,70	5,5	2,5	2,6	0,0257	46	101	42,0	54	860	80,0	83,0	84,5	0,45	0,58	0,66	4,09			
2,2	3	132M	2,46	6,5	2,3	2,5	0,0838	46	101	75,0	52	870	84,0	86,0	86,5	0,51	0,64	0,72	5,37			
3	4	132M	3,38	6,8	2,6	2,7	0,0986	33	73	86,0	52	865	84,5	86,0	86,6	0,51	0,64	0,72	7,31			
3,7	5	132M/L	4,17	6,5	2,2	2,6	0,1033	29	64	90,0	52	865	85,0	86,5	86,5	0,51	0,64	0,72	9,03			
5,5	7,5	160M	6,09	5,0	1,8	2,4	0,1756	36	79	134	54	880	87,5	89,8	89,8	0,51	0,63	0,71	13,1			
7,5	10	160L	8,30	5,4	2	2,6	0,2019	32	70	148	54	880	89,0	90,5	90,6	0,50	0,63	0,70	17,9			

Fig 57. Datos de motor trifásico WEG. [18]

Siguiendo con la identificación y descripción de los equipos a utilizar tenemos los interruptores termo magnéticos, guardamotores y una fuente rectificadora para alimentar a los equipos de entrada al PLC, así como los sensores ópticos, pulsadores de marcha y paro.


Para elegir el interruptor termo magnético es necesario saber la corriente nominal de la carga a instalar en este caso la corriente nominal de los motores.

Motores	Polos	Potencia Hp	Voltaje	Corriente Nominal	Hz
Enrollador	8	2	380 V	4,09	60
Alimentador de tela	8	1	380 V	2,64	60
Jalador de tela	6	1	380 V	2,64	60
Alimentador de tela II	6	3	380 V	5,37	60
Costura I	4	0,5	380 V	1,3	60

Figura 58. Características de motores

Fuente: Perusac.

El interruptor general será de seleccionado de acuerdo a la carga planteada en la figura 59, que tiene una corriente nominal de 16 amperios, de acuerdo a la tabla de interruptores termomagnéticos se selecciona el interruptor. Considerando los picos de corriente y los armónicos se selecciona un interruptor de 40 amperios como interruptor general.



IEC 60947-2

**No regulables**  
Con unidad de disparo termomagnética

Tipo	Corriente Nominal (A)	Capacidad de interrupción última Icu (KA)			Ics (% Icu)	Referencia	Precio S/.	Cantidad Indivisible
		240V	380V	440V				
EZC100N	20	25	18	10	50	EZC100N3020	241.00	1
EZC100N	25	25	18	10	50	EZC100N3025	241.00	1
EZC100N	30	25	18	10	50	EZC100N3030	241.00	1
EZC100N	40	25	18	10	50	EZC100N3040	241.00	1
EZC100N	50	25	18	10	50	EZC100N3050	241.00	1
EZC100N	60	25	18	10	50	EZC100N3060	241.00	1
EZC100N	80	25	18	10	50	EZC100N3080	241.00	1
EZC100N	100	25	18	10	50	EZC100N3100	241.00	1

EasyPact EZC100

Fig 59. Interruptor EZC100N 3040. [45]

El interruptor del circuito de mando estará controlado desde un interruptor monofásico de 16 amperios por donde circulará una carga nominal de los equipos electrónicos y una fuente de energía de 220 voltios CA a 24 voltios de CC.

Tensión de empleo: 220/440 VAC  
Curva C:Disparo magnético entre 5 y 10 In.

2 polos protegidos

Tipo	In (A)	Capacidad de interrupción última				Referencia	Precio S/	Cantidad Indivisible
		IEC60898-1 400VAC (A)	230VAC (kA)	400VAC (kA)	440VAC (kA)			
iC60N	1	6000	50	50	25	A9F74201	97.30	6
iC60N	2	6000	50	50	25	A9F74202	97.30	6
iC60N	4	6000	50	50	25	A9F74204	97.30	6
iC60N	6	6000	20	10	6	A9F74206	97.30	6
iC60N	10	6000	20	10	6	A9F74210	74.80	6
iC60N	16	6000	20	10	6	A9F74216	74.10	6
iC60N	20	6000	20	10	6	A9F74220	74.10	6
iC60N	25	6000	20	10	6	A9F74225	74.10	6
iC60N	32	6000	20	10	6	A9F74232	74.10	6
iC60N	40	6000	20	10	6	A9F74240	96.30	6
iC60N	50	6000	20	10	6	A9F74250	97.30	6
iC60N	63	6000	20	10	6	A9F74263	97.30	6
C120N	80	10000	20	10	6	A9N18361	296.00	1
C120N	100	10000	20	10	6	A9N18362	296.00	1
C120N	125	10000	20	10	6	A9N18363	331.00	1

Fig 60. Interruptor C60N de Riel Din. [45]

Con respecto a los guardamotores que se utilizaran para proteger y alimentar a cada variador será de 2,2 Kw de acuerdo a la potencia de cada motor trifásico. A continuación, en la figura 61, se muestra las características del equipo según su catálogo Schneider.

En la figura 61, un guardamotor serie GV2ME10 ,según catalogo schneider es para la proteccion de un motor de 1,5 Hp equivalente 2,2 kw , asimismo se escogera para los demas motores de la figura 58.Según el catalogo schneider electric de guardamotores tenemos en la figura 62, se escogera de acuerdo a su potencia .

- Motor de 1hp equivalente a 0,75 Kw le corresponde un guardamotor serie GV2ME07
- Motor de 2 hp equivalente a 1,5 Kw le corresponde un guardamotor serie GV2ME08
- Motor de ½ Hp equivalente a 0,37 Kw le corresponde un guardamotor serie GV2ME06.

En la figura 61 .Se muestra la imagen del un guardamotor de la serie GV2-ME.



Fig 61. Guardamotor GV2ME10. [45]

En la figura 62. Se muestra los códigos para la elección del guardamotor según su potencia.

Motor circuit breakers from 0.06 to 15 kW / 400 V, with screw clamp terminals											
GV2ME with pushbutton control											
Standard power ratings of 3-phase motors 50/60 Hz in category AC-3									Setting range of thermal trips (2)	Magnetic tripping current I <sub>d</sub> ± 20 %	Reference
400/415 V			500 V			690 V					
P	I <sub>cu</sub>	I <sub>cs</sub> (1)	P	I <sub>cu</sub>	I <sub>cs</sub> (1)	P	I <sub>cu</sub>	I <sub>cs</sub> (1)			
kW	kA	%	kW	kA	%	kW	kA	%	A	A	
-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.1...0.16	1.5	GV2ME01
0.06	*	*	-	-	-	-	-	-	0.16...0.25	2.4	GV2ME02
0.09	*	*	-	-	-	-	-	-	0.25...0.40	5	GV2ME03
0.12	*	*	-	-	-	0.37	*	*	0.40...0.63	8	GV2ME04
0.18	*	*	-	-	-	-	-	-			
0.25	*	*	-	-	-	0.55	*	*	0.63...1	13	GV2ME05
0.37	*	*	0.37	*	*	-	-	-	1...16	22.5	GV2ME06
0.55	*	*	0.55	*	*	0.75	*	*			
-	-	-	0.75	*	*	1.1	*	*	1.6...2.5	33.5	GV2ME07
0.75	*	*	1.1	*	*	1.5	3	75			
1.1	*	*	1.5	*	*	2.2	3	75	2.5...4	51	GV2ME08
1.5	*	*	2.2	*	*	3	3	75			
2.2	*	*	3	50	100	4	3	75	4...6.3	78	GV2ME10

Fig 62. Código de guardamotors según su potencia. [45]

A continuación, se describe un rectificador de corriente alterna de 220 voltios a 24 voltios de corriente continua que servirá como fuente de los dispositivos de entrada (sensores, pulsadores, entre otros) asimismo alimentación de equipos con bobinas de 24 Vcc. El equipo que se eligió es el Phaseo con código ABL8MEM24025 con una tensión de salida regulable de 24VDC ,60 watt, 2,5 A.

En la figura 63 se muestra el rectificador ABL7RM24025.



Fig 63. Rectificador Fhaseo ABL7RM24025. [45]

Para el funcionamiento del control de mando se realizará por intermedio de pulsadores de paro, marcha y un pulsador de parada de emergencia los cuales se conectarán a la entrada del PLC. En la figura 64, se muestra el pulsador de emergencia, marcha y paro.

Pulsador de emergencia XB4T42, pulsador de marcha verde XB5AP42y pulsador de paro rojo XB5AA42



Fig 64.Pulsadores, emergencia, marcha y paro. [45]

El sistema de control que se utilizara, se realizara con un controlador lógico programable (PLC) Modicon M241, con número de serie TM241CE40R, es un equipo que cuenta con las características para este sistema automatizado que junto con los elementos de medición y los actuadores se cumplirá con los objetivos de mejorar la productividad además de ello es de gama moderna con mayor utilización en los automatismos de procesos, presenta un software entendible y claro para su programación.

El programador lógico programable TM241CE40R, cuenta con 24 entradas digitales y 16 salidas digitales, con puerto Ethernet, conexión USB y con una fuente de alimentación 100 – 220 voltios, que permitirá el control del sistema automatizado para mejorar la productividad en el área de corte de sacos de polipropileno de la empresa.

En la figura 65, se muestra el PLC.



Fig 65. Controlador Lógico Programable TM241CE40R. [45]

#### ▪ Módulos de extensión para el PLC

También se utilizarán dispositivos que son compatibles al PLC TM241CE40R para ello se elige de acuerdo a las características y compatibilidad, en la figura 66 se muestra un módulo de ampliación de entrada que permite conectar entradas analógicas.



Fig 66. Módulo de Ampliación entradas TM3TI4. [45]

En la figura 67, se muestra el módulo de ampliación de salidas analógicas que se utilizara para el sistema de automatización para ello se considera la compatibilidad del equipo.



Fig 67. Módulo de Ampliación de salidas TM3AQ4. [45]

Para el sistema de regulación de potencia para alimentación de la resistencia se utilizará un regulador AUTONICS de 35 Amper ,220 voltios. Para ello se consideró la resistencia.



Fig 68. Regulador de Potencia SPC1-35. [58]

- **PT100**

Los PT100 juegan un rol importante dentro del sistema de control de temperatura que se realizará en las cabinas de secado, para ello se utiliza como variable de proceso las sondas de temperatura RTD llamados Pt100, los cuales forman parte de la referencia del módulo en mención.

Medir con el ohmímetro la resistencia de la Pt100. Si se conoce la resistencia de los cables, restársela a lo medido y con este valor buscar la temperatura en la tabla.

Por ejemplo:

Se tiene un PT100 que mide 137.5 ohms en los terminales. Se sabe que cada cable tiene 1.5 ohms. (Luego el par tiene 3 ohms Entonces la resistencia de la PT100 sin la de los cables es 134.5 ohms, en la tabla se encuentra que esta resistencia corresponde a un poco más de 89 °C.



Fig 69. Sensores RTD para procesamiento de plástico. [59]

A continuación, en la figura 70. Se muestra el plano eléctrico del sistema automatizado para el proceso del área de corte. Como se puede evidenciar se indica los componentes instalados. Y en la figura 71, el diagrama de movimientos.



En la figura 71. Se muestra en el diagrama de movimientos propuesto para el sistema automatizado de corte de sacos de polipropileno.

Salidas		1	2	3	4	5	6	7	8
Electroválvula -Acciona el Pistón de la Cuchilla térmica	Q0.7						I0.6		
Motor de Costura	Q0.6								
Motor de Alimentador II	Q0.5								
Motor de Jalador I	Q0.4								
Electroválvula - Acciona el pistón de la Cuchilla de Corte	Q0.3								
Motor2 - Alimentador I	Q0.2		I0.5						
Motor 1- Enrollador	Q0.1	I0.1							
<b>Tiempo Calculado</b>	9 "	3	2	2	2				

Fig 71. Diagrama de movimientos del proceso automatizado de corte de sacos de polipropileno

Fuente: Elaboracion propia.

Basado en el proceso de automatización para el área de corte de la línea de producción de sacos de polipropileno se describe lo de la figura 71. Para el inicio del proceso de corte tiene que el operario realizar una actividad de colocar un rollo de tela de polipropileno de 90 kg (motor I).

El proceso de automatización se inicia accionando el pulsador de marcha (I0.I), y se prende el motor 1 conectado a la salida de (Q0.1), empieza a trabajar el enrollador .Pasado 2 segundos prende el motor 2 , conectado a la salida de (Q0.2) que mueve el alimentador I ,pasado 2 segundos , un sensor óptico (I0.5) detecta la llegada de la tela y por intermedio de un actuador (electroválvula) conectado a la salida (Q0.3),se realiza el corte del saco .Pasado 1 segundos se apaga el motor I ( enrollador I) y se prende el motor 3 conectado a la salida (Q0.4),que mueve el jalador .Luego de 1 segundos se prende el motor 4 conectado a la salida (Q0.5),que mueve el alimentador II .Luego de 2 segundos se repite el ciclo ,paralelamente se activa la etapa de costura accionando por un sensor óptico (I0.6) activa la máquina de costura .

Para la programación del PLC se utilizó el software So machine en su versión 4.1, en el cual es necesario para programar los PLC de la serie Modicon 241.

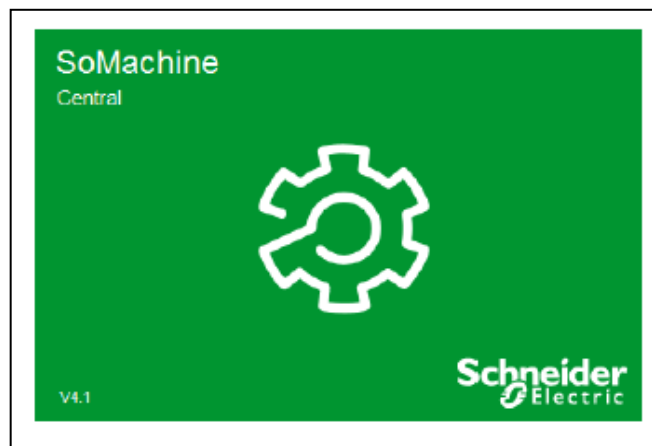
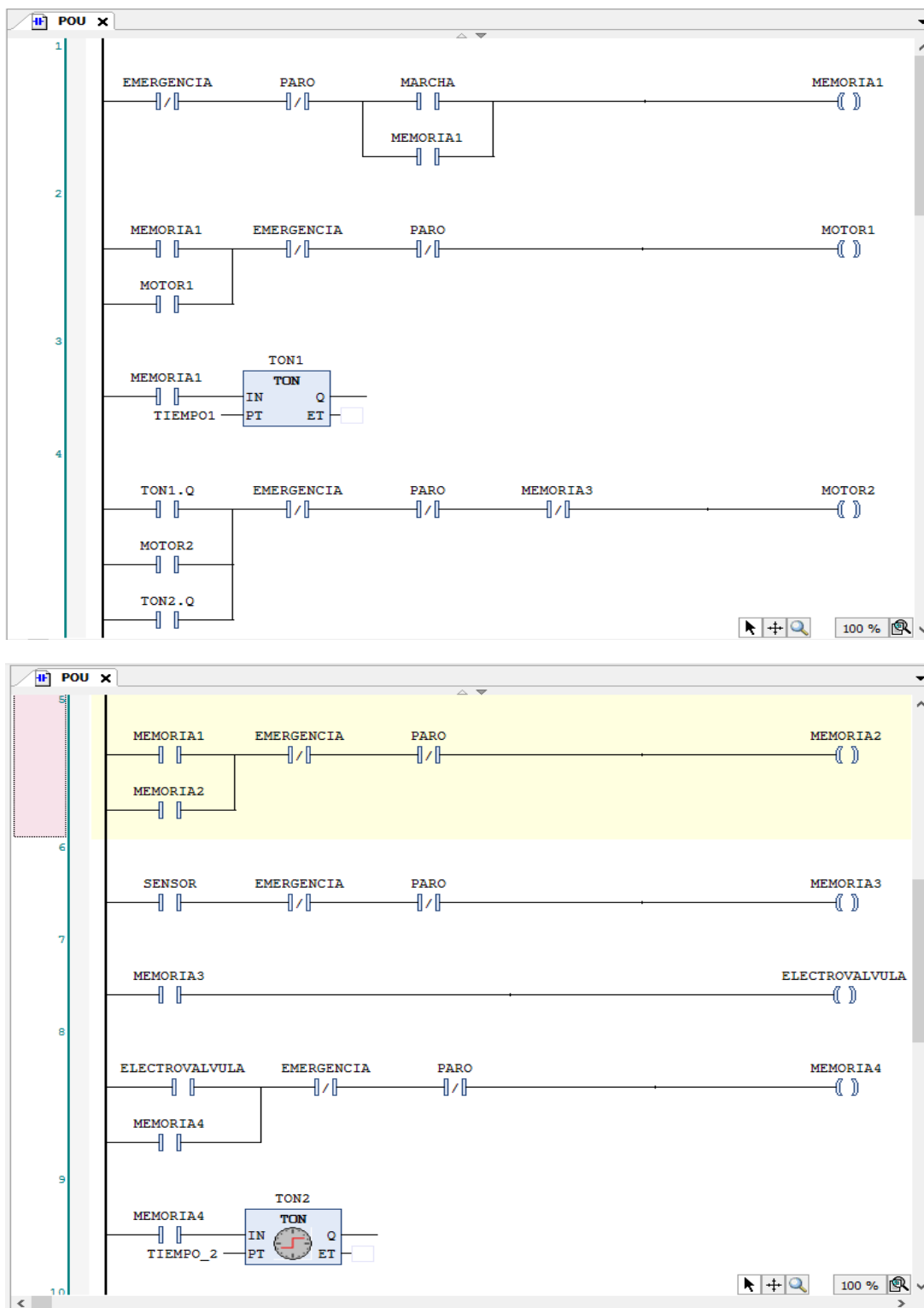


Fig 72. So Machine. [57]

A continuación, se presenta en la figura 73. La lógica del diseño de sistema automatizado con PLC Modicom M241, se utilizó un lenguaje Ladder para su programación.



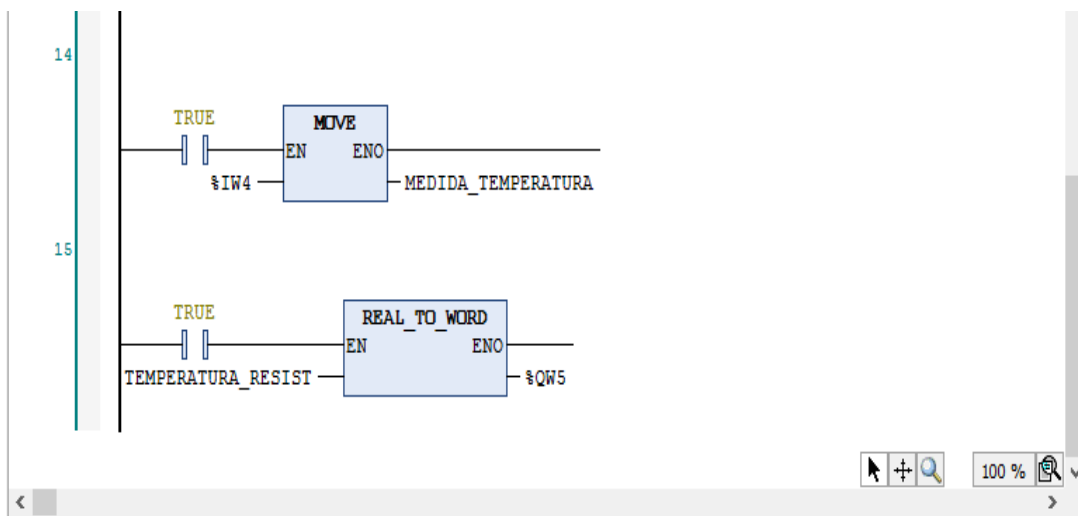
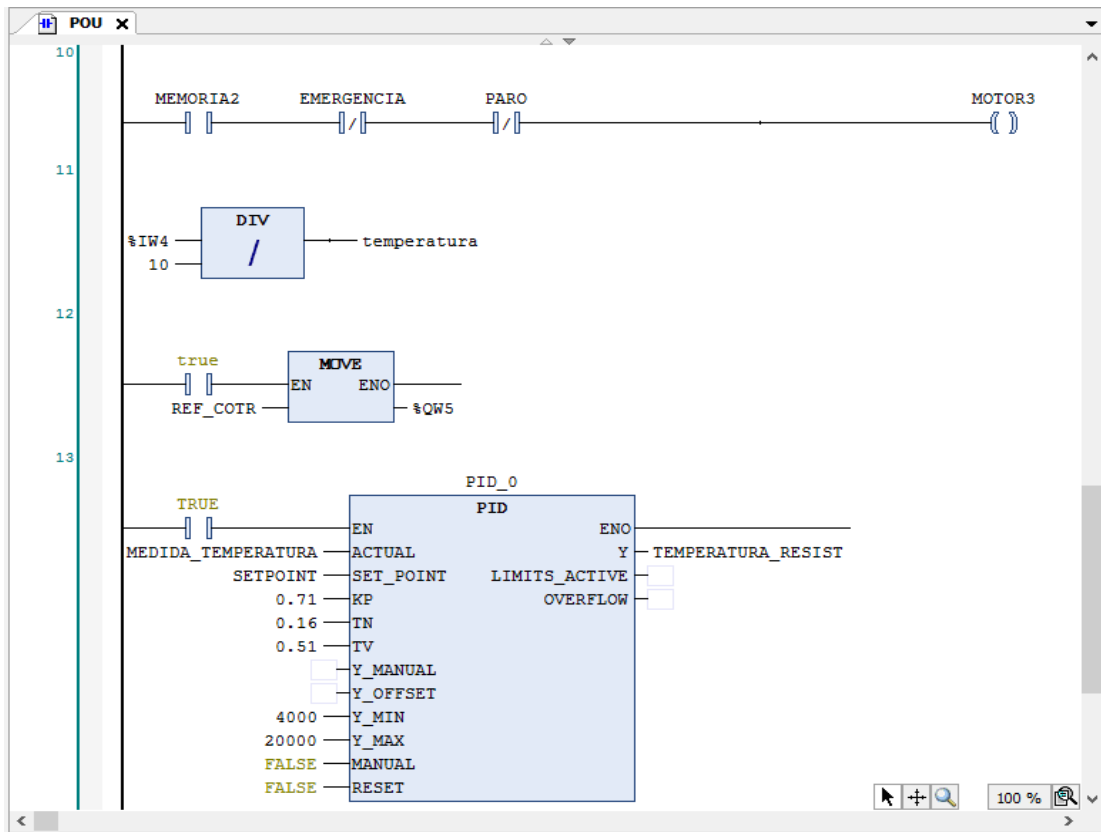


Fig 73. Programación de lenguaje ladder del proceso de corte de sacos de polipropileno  
Fuente. So Machine – Laboratorio USAT

En la figura 74, se muestra las salidas analógicas a los variadores, la simbología esta descrita en el plano esquemático de la figura 71.

Parámetro	Tipo	Valor	Valor predeterminado	Unidad	Descripción
Outputs					
QW0					
Type	Enumeration of BYTE	0 - 10 V	No se utiliza		Modalidad derango
Minimum	INT(-32768...9999)	0	-32768		Valor mínimo
Maximum	INT(1...32767)	10000	32767		Valor máximo
QW1					
Type	Enumeration of BYTE	0 - 10 V	No se utiliza		Modalidad derango
Minimum	INT(-32768...9999)	0	-32768		Valor mínimo
Maximum	INT(1...32767)	10000	32767		Valor máximo
QW2					
Type	Enumeration of BYTE	0 - 10 V	No se utiliza		Modalidad derango
Minimum	INT(-32768...9999)	0	-32768		Valor mínimo
Maximum	INT(1...32767)	10000	32767		Valor máximo
QW3					
Type	Enumeration of BYTE	4 - 20 mA	No se utiliza		Modalidad derango
Minimum	INT(-32768...19999)	4000	-32768		Valor mínimo
Maximum	INT(4001...32767)	20000	32767		Valor máximo
Diagnóstico					
StatusEnabled	Enumeration of BYTE	Sí	Sí		

Figura 74. Salidas analógicas de PLC a Variadores

Fuente: Somachine 4.1 – Laboratorio USAT

En la figura 75, se muestran las entradas analógicas

Parámetro	Tipo	Valor	Valor predeterminado	Unidad	Descripción
Entradas					
IW0					
Type	Enumeration of BYTE	No se utiliza	No se utiliza		Modalidad derango
Scope	Enumeration of BYTE	No se utiliza	No se utiliza		Unidad
Minimum	INT(-32768...32766)	-32768	-32768		Valor mínimo
Maximum	INT(-32767...32767)	32767	32767		Valor máximo
Input Filter	INT(0..1000)	0	0	* 10 ms	Filtro de entrada
Sampling	Enumeration of BYTE	100	100	ms/canal	Selección de muestra
IW1					
Type	Enumeration of BYTE	PT100	No se utiliza		Modalidad derango
Scope	Enumeration of BYTE	Centígrados (0,1 °C)	No se utiliza		Unidad
Minimum	INT(-32768...32767)	-2000	-32768		Valor mínimo
Maximum	INT(-32768...32767)	8500	32767		Valor máximo
Input Filter	INT(0..1000)	0	0	* 10 ms	Filtro de entrada
Sampling	Enumeration of BYTE	100	100	ms/canal	Selección de muestra
IW2					
Type	Enumeration of BYTE	No se utiliza	No se utiliza		Modalidad derango
Scope	Enumeration of BYTE	No se utiliza	No se utiliza		Unidad
Minimum	INT(-32768...32766)	-32768	-32768		Valor mínimo
Maximum	INT(-32767...32767)	32767	32767		Valor máximo
Input Filter	INT(0..1000)	0	0	* 10 ms	Filtro de entrada
Sampling	Enumeration of BYTE	100	100	ms/canal	Selección de muestra
IW3					
Type	Enumeration of BYTE	No se utiliza	No se utiliza		Modalidad derango

Figura 75. Entradas analógicas - PT 100

Fuente: Somachine 4.1 – Laboratorio USAT

Tabla XXIX.  
Leyenda de variables en programación

Variables de programación (figura 71)	Significado	So Machine 4.1[57]
Emergencia	Pulsador de emergencia Contacto NC	I0.1
Paro	Pulsador de paro Contacto NC	I0.2
Marcha	Pulsador de marcha Contacto NA.	I0.3
Memorias 1-4	Variables que indican bobinas auxiliares y sus contactos NA - NC	Sin referencia son memorias auxiliares internas en el PLC
Motor 1	Motor de Rollo M1	Q0.1
Motor 2	Motor alimentador de tela M2	Q0.2
Electroválvula	Electroválvula de cilindro de corte	Q0.4
Motor 3	Motor Jalador de tela M3	Q0.3
PT100	Sensor de temperatura	IW4
Sensor óptico	Sensor óptico apaga el motor 2.	I0.4
PID	SET POINT	
TON-1 , TON 2	Temporizadores con Retardo a la conexión.	Sin referencia son temporizadores internos del PLC
TON_1.Q , TON_2 Q,	Contactos NA de los temporizadores.	Sin referencia con contactos internos del PLC
TIEMPO 1, TIEMPO 2,	Variable que indica el tiempo “segundos”	Sin referencia son temporizadores internos del PLC

Fuente: Elaboración Propia.

### 3.2.3. Nuevos Indicadores

Con el diseño de automatización propuesto para el área de corte, se logrará eliminara las causas de la problemática que perjudican en el proceso de tener una baja productividad en la etapa de corte de sacos de polipropileno.

Para evaluar este diseño se realizará un diagrama hombre máquina que nos permita comparar las variaciones entre las encontradas en el tiempo de la investigación y los tiempos mejorados con el diseño de automatización propuesto en la figura 64.

En la figura 76 se muestra el diagrama hombre maquina con los tiempos mejorados del diseño del sistema automatizado.

Diagrama Hombre Maquina			
Operación : Corte de sacos de polipropileno		Ciclo : 6,38 s.	
Maquina : Sistema automatizado de máquina de corte de sacos de polipropileno			
Hombre	Tiempo segundos	Maquina	Tiempo segundos
Pasar la manga	1,57	Pasar la manga	1,57
Ocioso	4,81	Corte de la tela "saco"	4,81
Total	6,38		6,38

Fig 76. Diagrama hombre máquina del proceso de corte de sacos con el sistema automatizado  
Fuente: Elaboración propia.

El diagrama hombre máquina que se muestra en la figura 76 es para la producción por unidad en un tiempo de ciclo de 6,38 segundos, presenta un tiempo ocioso de 4,81 segundos y un tiempo productivo del operario de 1,57 segundos.

El tiempo de ciclo indicado en el diagrama hombre máquina será considerado el tiempo estándar para el proceso de corte de sacos de polipropileno con el diseño de sistema automatizado.

Cabe indicar que los operarios que ya no serán necesarios en el proceso serán reubicados a otras áreas para mejorar las horas hombre y tener nuevos indicadores de productividad.

El tiempo ocioso del operario que trabajará en el área de corte podrá ser utilizado para la supervisión de toda el área de corte y tener un mejor control en la calidad y acabado del producto.

$$\text{Saturacion del operario} = \frac{\text{Tiempo productivo del operario}}{\text{Tiempo de ciclo}} \times 100$$

$$\text{Saturacion del operario} = \frac{2 \text{ segundos}}{6,38 \text{ segundos}} \times 100 = 24,60\%$$

Este indicador nos indica que el operario tendrá libre el 75,40% lo cual le permitirá tener un mejor control del proceso de corte y no estar expuesto a estar parado todo el turno en un mismo lugar haciendo movimientos de columna, antebrazo y directamente al calor de la cuchilla de corte porque las actividades que realizaba el operario ahora serán intervenidas por el diseño de sistema automatizado.

$$P_{Mo} = \frac{\text{Piezas fabricadas}}{\text{Tiempo empleado en la fabricacion} \times \text{el numero de operarios}}$$

$$P_{Mo} = \frac{1 \text{ unidad}}{6,38 \text{ segundos} \times 1 \text{ operario}} = 0,156 \frac{\text{unidades}}{\text{segundo hombre}}$$

Considerando que se trabajó turno de 11 horas, 1 hora de refrigerio.

$$P_{Mo} = 0,156 \frac{\text{unidad}}{\text{segundo hombre}} \times 3\,600 \frac{\text{segundo}}{\text{hora}} \times 11 \frac{\text{horas}}{1 \text{ dia}} = 6\,178 \frac{\text{unidades}}{\text{dia hombre}}$$

$$P_{Mo} = 6\,178 \frac{\text{unidades}}{\text{dia hombre}} \quad \text{ó} \quad 562 \frac{\text{unidades}}{\text{hora hombre}}$$

$$\text{Eficiencia de la maquina} = \frac{\text{Tiempo que añade valor al producto}}{\text{Tiempo total de ciclo}} \times 100$$

$$\text{Eficiencia de la maquina} = \frac{6,38}{6,38} \times 100 = 100\%$$

Se le da una utilización del 100% de tiempo útil al equipo automatizado. Según las especificaciones del sistema se requiere de los siguientes motores.

- La máquina cuenta con resistencia de 200 watt de potencia
- Un motor de 1.5 HP

Para el funcionamiento del sistema se comprará dos motores de 1,5 HP ,380 voltios ,60 Hz y se comprará un compresor de:

- Compresor de 2 HP. (para cambiar el compresor de 5HP) las características del nuevo compresor fueron calculadas de acuerdo a la necesidad de l/m que necesita los actuadores.

Teniendo ya los motores para la maquina se procede a calcular el consumo de energía que necesitara para el proceso en el área de corte de sacos de polipropileno.

$$1HP = 746W = 0,746kW$$

La nueva potencia total de los motores se muestra en la tabla 30. Para el nuevo cálculo de energía de la potencia total 5,047 kW.

$$E = p * t : kWh$$

Tabla XXX.

Nuevos calaculos de consumo de energia

Maquinaria	Potencia (kW)	Hp	Unidades	Tiempo de Trabajo / - Día (11 horas)	Tiempo de trabajo h/mes	Tiempo de W	Costo De Energía	costo x	costo x
		1hp= 0,746 kW				E= p*t ( kW/h)	Fp kW/h	Maquina/mes	Etapas/mes
Compresor	1,49	2	1	20	220	327,8	0,53	173,73	588,43
resistencia	0,2		1	20	220	44	0,53	23,2	
Motor 1	1,119	1,5	1	20	220	246,18	0,53	130,5	
Motor 2	1,119	1,5	1	20	220	246,18	0,53	130,5	
Motor 3	1,119	1,5	1	20	220	246,18	0,53	130,5	
Total /kW/h						1 110,34	0,53		
kW/h -año	12					13 324,08	0,53		7 061,76

Fuente. Perusac E.I.R.L

Para una producción propuesta de 6 178 unidades por turno, el consumo de energía, en función a la potencia de los motores instalados, tabla 30, tenemos: 1 110,34 kW en un mes de 20 días laborales

Calculando la siguiente ecuacion en base a la table 30, tenemos:

$$C_E = \frac{\text{Unidades producidas por turno en la maquina } x}{\text{kWh consumidos en la maquina } X \text{ en un turno}}$$

$$C_E = \frac{6\,178 \text{ unidades}}{5,047 \text{ kWh}} = 1\,224 \frac{\text{unidades}}{\text{kWh}}$$

Esto quiere decir que con un kWh del equipo automatizado se puede elaborar 1 224 unidades.

Con los nuevos tiempos de máquina se podrá cumplir con la producción programada, por lo que el rendimiento de volumen se aproximaría para llegar al 100 %. Se recomienda ajustar la planificación de la producción a los nuevos tiempos del sistema automatizado.

Al ser una máquina automatizada completamente calibrada según las unidades a producir, la posibilidad de que tengamos un producto con defectos y vuelva a ser reprocesada es del 2,2 %. Por lo que el indicador de FTT (Piezas hechas bien a la primera) será del 97,8 %.

Con el nuevo tiempo establecido de 6,38 segundos, y en base a la figura 42, el cuello de botella en la línea de corte está solucionado

### 3.2.4. Cuadro comparativo de indicadores

Tabla XXXI.  
Nuevos Indicadores

Causa	Indicadores Actual	Indicadores despues de la Propuesta
C1. Errores del operario al realizar la medida y calibración.	$FIT = \frac{26\,445 - \text{Scrap} - 2\,608}{26\,445} = 90,13\%$	FIT= 97,8 %
	T.Estándar = 16.39 x (1+0,11) = 17,5 s.	T.Estandar = 6,38s
C2.: Saturación del operario.	$P_{MO} = \frac{2\,662}{11 \text{ Horas } \times 1 \text{ operario}} = 242 \frac{\text{Unidades}}{\text{Hombre}}$	$P_{MO} = \frac{6\,178}{11 \text{ Horas } \times 1 \text{ operario}} = 562 \frac{\text{Unidades}}{\text{Hombre}}$
	$Rto_{vol} = 82 \%$	$Rto_{vol} = 99 \%$
C3 Maquina manual Baja capacidad.	Eficiencia de la maquina: 42,11 %.	Eficiencia de la maquina: 97,80 %.
	138 unidades por hora se dejan de producir	0 Unidades por hora se dejan de producir.

Elaboración Propia.

### 3.3. ANÁLISIS COSTO BENEFICIO

#### 3.3.1. Objetivo: Realizar una evaluación del costo beneficio

Es necesario realizar un análisis costo beneficio para determinar si el proyecto a realizar es viable o no. Para ello se sumarán los costos de todo el suministro a utilizar, teniendo en cuenta la valoración en términos monetarios.

En la tabla 32. Se muestran los diferentes costos que intervienen en el desarrollo del sistema automatizado.

Tabla XXXII.  
Costos del proyecto

ITEM	DESCRIPCIÓN	CARACTERÍSTICAS	CANT.	P.U. (SOLES)	TOTAL (SOLES)
1	PLC TM241CE40R	Modelo: TM241CE40R Entradas : 24 NPN / PNP de 24 VDC Salidas : 16 por Rele. Comunicacion : Puerto Ethernet incorporado	1	2 000,00	2 000,00
2	Cable USB	Tranferencia de Aplicación al controlador	1	380,00	380,00
3	ATV312HU15N4	Serie : ATV312HU15N4 de alimentación trifásica 50/60 Hz : 380 V - 15%...480 V + 10% IP20	3	1 313,00	3 339,00
4	Módulo de para entradas analógicas	TM3TI4 -Schneider	1	720	720,00
5	Módulo de ampliación para salidas	TM3AQ4 -Schneider	1	720	720,00
6	Regulador de Potencia SPC 35	AUTONICS 35 amper - 220 v	1	523,30	523,30
7	SENSOR de Temperatura	RTD ( PT100)	1	272,00	272,00
8	Pulsador Emergencia	Modelo : XB4T42	1	99,30	99,30
9	Pulsador Paro	XB5AA42	1	53,00	53,00

ITEM	DESCRIPCIÓN	CARACTERISTICAS	CANT.	P.U. (SOLES)	TOTAL (SOLES)
10	Pulsador De Marcha	Modelo : XB5AP42	1	39,00	39,00
11	Contactador trifásico	Modelo :LCI18M7 Contacto ; NA.NC Bobina : 220 V Corriente : 18 A.	1	161,00	161,00
12	SENSORES OPTICO	Tipo : PNP Numero de Hilos :3 XUM0APSAL2	2	408,9	817,00
13	Tablero Eléctrico	Dimensiones : 800X600X250 Grado de Protección : IP66 Robustez según IEC 62262	1	950,00	950,00
14	Fuente de alimentación	Marca : Schneider Modelo : ABL7RM24025 Tensión de Alimentación: 110-240 V Tensión de Salida : 24 Vcc. Corriente de salida 3 A.	1	486,90	486,90
15	Interruptor Termomagnético General	Tipo : EZC100N Corriente : 40 A.	1	241,50	241,50
16	Disyuntor Termomagnético	Marca : Schneider Modelo : GV2ME10 Rango de disparo de 4-6,3 A	5	233,00	1165,00
17	Conductor Eléctrico	Marca: Indeco Tipo : Cable Calibre : 2,5 mm - THW 90 Longitud : 100 m	2	165,00	330,00
18	Conductor Eléctrico	Marca: Indeco Tipo : Cable Calibre : 4 mm - THW 90 Longitud : 100 m	3	190,00	570,00

ITEM	DESCRIPCIÓN	CARACTERISTICAS	CANT.	P.U. (SOLES)	TOTAL (SOLES)
19	Motor Eléctrico	Marca : Delcrosa - WEG HP : 1,5 Hz: 60 Tensión : 220 - 380 Eficiencia :95%	2	950,00	1 900,00
20	Unidad Mantenimiento	filtro de aceite Filtro Purificador regulador	1	180,00	180,00
21	Manguera Neumática 6mm	6mm. 120 PSI Metros	12	10,00	120,00
22	Resistencia de	1 500 mm *20 mm* 3 mm de espesor acero inoxidable acero al carbono	1	1,90	190,00
23	Electroválvula	5 a 2 24 VCC	1	260,00	260,00
24	Conductor Eléctrico	Marca: Indeco Tipo : Cable Vulcanizado Calibre : 3x 4 mm - THW 90	1	450,00	450,00
25	Fabricación de Modificación mesa a todo costo	Características de Diseño	1	4 900,00	4 900,00
26	Montaje E instalación	Mano de Obra	1	4 500,00	4 500,00
27	Otros	Riel Din Terminales Stobols	1	1 200,00	1 200,00
<b>VALOR TOTAL S/. ( Incluye IGV)</b>					<b>26 567,00</b>

Fuente: Elaboración Propia.

El beneficio es el monto que la empresa tiene como impacto económico en pérdida según las causas determinadas, que con la implementación de la propuesta ya han sido solucionadas.

Cabe resaltar que estos beneficios ya están anualizados. En la tabla 33, se presenta el beneficio costo de la propuesta.

Tabla XXXIII.  
Beneficio costo del proyecto

BENEFICIOS	Total Anual
Errores del operario al realizar la medida y calibración.	S/ 1 923,34
Saturación del operario.	S/ 50 278,46
Maquina manual - baja capacidad.	S/ 55 161,30
<b>TOTAL</b>	<b>S/ 107 363.10</b>

Elaboración Propia.

Finalmente, en el flujo de caja presentado en la tabla 33, se dan a conocer los beneficios y costos durante los cinco años proyectados de la empresa bajo condiciones de la propuesta realizada. Se toma en cuenta una depreciación en un 5%. Se añade además en el apartado de costos la cotización de mano de obra, así como la capacitación que se realizará al personal de la empresa.

Tabla XXXIV.  
Flujo de caja de la propuesta

<b>BENEFICIOS</b>	<b>Unidad</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Errores del operario durante el proceso	S/		S/ 1 923,34	S/ 1 923,34	S/ 1 923,34	S/ 1 923,34	S/ 1 923,34
Saturacion del operario	S/		S/ 50 278,46	S/ 50 278,46	S/ 50 278,46	S/ 50 278,46	S/ 50 278,46
Baja capacidad Maquina	S/		S/ 55 161,30	S/ 55 161,30	S/ 55 161,30	S/ 55 161,30	S/ 55 161,30
<b>Total Beneficios</b>		S/ 0,00	S/ 107 363,10	S/ 107 363,10	S/ 107 363,10	S/ 107 363,10	S/ 107 363,10
<b>COSTOS</b>							
Capacitación del personal		S/ 500,00					
Mano de obra cotizada		S/ 450,00					
Materiales de la tabla ( 29)		S/ 26 567,00					
<b>Total Costos</b>		-S/. 31 567,00	S/ 0,00	S/ 0,00	S/ 0,00	S/ 0,00	S/ 0,00
<b>UTILIDAD BRUTA</b>		-S/. 31 567,00	S/ 107 363,10	S/ 107 363,10	S/ 107 363,10	S/ 107 363,10	S/ 107 363,10
Depreciación 5%			S/ 1 511,65	S/ 1 511,65	S/ 1 511,65	S/ 1 511,65	S/ 1 511,65
<b>Utilidad a Impuestos</b>			S/ 105 851,45	S/ 105 851,45	S/ 105 851,45	S/ 105 851,45	S/ 105 851,45
<b>Impuestos</b>			S/ 31 755,44	S/ 31 755,44	S/ 31 755,44	S/ 31 755,44	S/ 31 755,44
			S/ 1 112,89	S/ 1 112,89	S/ 1 112,89	S/ 1 112,89	S/ 1 112,89
<b>UTILIDAD NETA</b>		-S/. 31 567,00	S/ 75 208,91	S/ 75 208,91	S/ 75 208,91	S/ 75 208,91	S/ 75 208,91

VNA (*)	S/ 271 111,27
TIR	238%
B/C	15,20
(*) Tasa referencial	12%

Fuente. Elaboracion Propia.

Como resultado se tiene que por cada sol invertido se obtiene 15,20 céntimos. Además, se tiene una tasa interna de retorno del 238 %, que comparada al 12% de la tasa de descuento económica es superior y, por consiguiente, hace rentable la propuesta de mejora a través de la implementación de un sistema automatizado para el proceso de corte de sacos de polipropileno. El valor neto actual es S/ 271 111,27 soles, monto que representa las utilidades de los cinco años proyectados en el año cero, es decir en el valor actual.

Es necesario, además, conocer el tiempo de recuperación de la inversión de la propuesta.

En la tabla 34, se muestra el tiempo de recuperación.

Tabla XXIV.  
Periodo de recuperación

Año	0	1	2	3	4	5
Ingreso		S/ 75 208,91	S/ 75 208,91	S/ 75 208,91	S/ 75 208,91	S/ 75 208,91
Inversión	S/ 31,567.00					
Saldo		S/ 43 641,91				

Fuente. Elaboración Propia.

Periodo de recuperación:  $(31\ 567) / (75\ 208,91) = 5,03$  meses. = 151 días.

Periodo de recuperación de la inversión será calculado con el monto de la inversión dividido por el beneficio anual que percibe la empresa, con la implementación del diseño de sistema automatizado para el área de corte se recuperará la inversión en 151 días.

## IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1.CONCLUSIONES

-Se logró analizar detalladamente el proceso de corte de sacos de polipropileno determinando tres causas que conllevan a la baja productividad del proceso: errores del operario al realizar el corte del saco de polipropileno, saturación del operario durante el proceso de corte y baja capacidad de maquinaria para cortar los sacos de polipropileno, se identificó que el 90,10% de las unidades producidas cumplen con las características del producto las cuales son procesadas bien a la primera y el 9,86 % son productos mermados que necesitan de reproceso ; durante el proceso de corte la maquina cuenta con una eficiencia del 42,11% , fabricando 383 unidades por kWh ; que el operario está totalmente saturado ,teniendo una productividad de mano de obra de 242 unidades por hora hombre .

La baja productividad impacta a que no se cumpla con la producción programada (83.2% de rendimiento de volumen) además se determina que en proceso de corte tenemos un cuello de botella en la línea de producción de 136 unidades / hora, que se dejan de producir. Finalmente, la baja productividad del proceso de corte de sacos de polipropileno tiene un impacto económico anual de S/. 107 363,10

-Se propuso un diseño de sistema automatizado para el área de corte, que mejore la productividad del proceso a un 97,80%. Para ello se presentó el diseño del sistema automatizado sustentado con cálculos de ingeniería a la elección de cada componente, reutilizando algunas partes y accesorios de la maquina mostrando la importancia y aporte de cada elemento en el sistema final.

Tambien se presento el diseño en el software solidworks, planos esquemáticos eléctricos de los circuitos de fuerza y mando, así como la programación del PLC Modicon 241 en el software So Machine. Se detalló y cotizo cada suministro a utilizar en el diseño del sistema automatizado, el trabajo de mano de obra para el proyecto, y la capacitación del personal sumando una inversión total de S/. 31 567,00

-Con el diseño del sistema automatizado para la máquina de corte de sacos de polipropileno se propone mejorar los indicadores teniendo como resultado que el 97,8 % del producto que ingresa en el proceso son cortados bien a la primera, es decir sin reproceso. Lo que nos quiere decir que la maquina trabajara con una eficiencia de productividad de 383 unidades por Kw/h a 1 224 unidades por kWh). El porcentaje de saturación del colaborador se redujo sustancialmente de 100 % a 29,4%, lo que indica que el operario estará libre el 70 % solo para trabajos de supervisión, teniendo un incremento de productividad de mano de obra de 242 unidades por hora hombre a 562 unidades horas hombre. Comparado al proceso sin automatizar. Esta mejora de la productividad del proceso de corte de sacos de polipropileno elimina las causas que tenemos en el proceso que conllevan a la baja productividad obteniendo un beneficio anual de S/. 107 363,10 sobre la empresa. Como resultado del análisis costo beneficio anual, se determinó que por cada sol invertido se obtiene 15,20 soles. Además, se tiene una tasa interna de retorno del 238 % un valor neto actual de 271 111,27 soles a un plazo de 5 años y un periodo de recuperación de 151 días, siendo un proyecto viable y rentable para la empresa Perusac E.I.R.L.

## **4.2. RECOMENDACIONES**

-Se recomienda realizar un estudio de ingeniería de métodos para futuras investigaciones para tener mejoras en todo el proceso y mantener un balance de la producción con el objetivo de incrementar la productividad y rentabilidad para la empresa.

-Se recomienda un plan de mantenimiento preventivo anual para las máquinas y equipos con el fin de no tener paradas inesperadas que afecten la operatividad de la línea de producción. Teniendo en cuenta que es un proceso continuo. Por tal motivo se debe asegurar la confiabilidad de la maquinaria para tener mejores beneficios en los costes de producción e incrementos de la productividad.

-El diseño del sistema automatizado propuesto, se presta para mejoras que pueden ser utilizadas si tenemos un incremento del 20 % más en las etapas anteriores.

## V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] R. Mehta, "Automatización y el futuro del trabajo en países en desarrollo," Enero 2019. [En línea]. Available: <https://staffingamericalatina.com/automatizacion-y-el-futuro-del-trabajo-en-paises-en-desarrollo/>. [Último acceso: 12 Setiembre 2019].
- [2] J. Pierola, "Beneficios de la Automatizacion Robotica en el Peru," 2016. [En línea]. [Último acceso: 24 abril 2018].
- [3] X. Rojas Zegarra y A. Correa Anchundia , "Diseño implentado de un control por HMI-Proceso de secado de una barnizadora," 2015.
- [4] I. G. Charig Inga, "Diseño y automatizacion de una maquina ensacadora de cal utilizando PLC," 2015.
- [5] F. T. Burgos Santos, "Diseño de la automatizacion de procesos en la planta recicladora de plastico," 2013.
- [6] D. A. Bustios Moreno y D. Ortiz Bautista, "Diseño e implementacion de un sistema automatico de corte lineal ,transporte y empaquetado de envases plasticos con un interfase de monitoreo HMI," 2014.
- [7] B. By Josep y Romeral, "Automatismos Programables", 1997.
- [8] O. G, Miranda y M. Cerrada Lozada, "Iberoamerica de Automatica e Informatica Industrial", MEXICO, 2014.
- [9] D. L. Jimenez Jimenez y J. A. Perez Pintado, "Diseño e implementacion de un modulo didactico para el monitoreo y control automatico de los sistemas de velocidad y caudal para el laboratorio de redes industriales," 2014.
- [10] F. Contreras Argumedo y A. Villanueva Montellano, "Mejora de la productividad , calidad y ergonomia de una operacion de ensamble por medio de la automatizacion," 2013.
- [11] S. Sudeep Keleginame, "PLC Based Pneumatic Punching Machine," 2015.
- [12] C. Jose Agustin, "Fundamentos de la productividad", 2013.

- [13] B. W. .Niebel y A. Freivalds, "Ingenieria Industrial", colombia: Alfaomega, 2009.
- [14] J. Garcia M y J. Sabater Garcia, "Calculo de indicadores Productivos", 8 Diciembre 2016. [En línea]. Available: <https://riunet.upv.es/bitstream/10251/16050/indicadores..> [Último acceso: 26 agosto 2017].
- [15] Festo, "Catalogo de Porductos Festo Peru," 16 Noviembre 2017. [En línea]. Available: [https://www.festo.com/cat/espe\\_pe/products](https://www.festo.com/cat/espe_pe/products). [Último acceso: 25 Noviembre 2017].
- [16] J. Fernandez Rodrigez y L. M. y. S. H. ., B. Cerda Filiu, "Automatismos Industriales," 2014.
- [17] P. Aguirre Gonzaga y B. A. Sanchez Andrade, "Diseño , construccion y automatizacion de un horno electrico para el calentamiento de prepolymer y polyol en la elaboracion de calzado," 2014.
- [18] WEG, "Seleccion de motores electricos," 4 octubre 2017. [En línea]. Available: <http://ecalatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-seleccion-y-aplicacion-de-motores-electricos..> [Último acceso: 17 noviembre 2017].
- [19] Diseño, "www.redalyc.org.," 14 junio 2013. [En línea]. Available: <http://www.redalyc.org/comocitar.oa..> [Último acceso: 22 agosto 2017].
- [20] R. Morales M, "Sistemas de control," 2013.
- [21] M. d. l. produccion, "Empresas de manufactura realizan actividades de innovacion en el peru produce," 06 Diciembre 2015. [En línea]. Available: <http://www.produce.gob.pe/index.php/prensa/noticias-del-sector-/1128-655.de.empresas-manufactureras..> [Último acceso: 25 agosto 2017].
- [22] S. electric., "El especialista en manejo de energia.," 17 mayo 2017. [En línea]. Available: <http://www.schneider-electric.com.pe/es/>. [Último acceso: 08 agosto 2017].
- [23] A. industrial, "evolucion de la automatizacion," 09 enero 2013. [En línea]. Available: <http://www.reporteroindustrial.com/temas/Evolucion-de-la-automatizacion-industrial+98784>. [Último acceso: 11 mayo setiembre].

- [24] S. D. temperatura-PT100, "Sensores de Temperatura," 02 mayo 2017. [En línea]. Available: <https://es.omega.com/prodinfo/pt100.html#choose>. [Último acceso: 14 agosto noviembre].
- [25] Picuino, "Calculo de PDI," 22 Marzo 2013. [En línea]. Available: <https://sites.google.com/site/picuino/ziegler-nichols>. [Último acceso: 09 noviembre 2017].
- [26] B. -B. I. d. Desarrollo, "BID-Innovacion y Productividad en el peru," 12 JULIO 2016. [En línea]. Available: [https://www.google.com.pe/search?q=Seg%C3%BAAn+el+banco+interamericano+de+desarrollo+\(+BID\)+el+Peru+en+el+2016+ha+mantenido&rlz=1C1CHBD\\_esPE746PE746&oq=Seg%C3%BAAn+el+banco+interamericano+de+desarrollo+\(+BID\)+el+Peru+en+el+2016+ha+mantenido&aqs=chrome..69i5](https://www.google.com.pe/search?q=Seg%C3%BAAn+el+banco+interamericano+de+desarrollo+(+BID)+el+Peru+en+el+2016+ha+mantenido&rlz=1C1CHBD_esPE746PE746&oq=Seg%C3%BAAn+el+banco+interamericano+de+desarrollo+(+BID)+el+Peru+en+el+2016+ha+mantenido&aqs=chrome..69i5). [Último acceso: 09 Diciembre 2017].
- [27] J. Pierola, "Beneficios de la automatizacion," Ing. Mecanica de la universidad Tecnologica del peru , Peru, 2016.
- [28] R. y. G. G. D. C, "La productividad," *Mejora de proceso Productivo*, 2012.
- [29] G. Juan M y S. Julio Garcia, "Indicadores Productivos," *Indicadores Basicos de calidad*, 2015.
- [30] P. Roberto C, "Productividad," de *Productividad* , 2012.
- [31] J. Fernandez R, L. M. Cerda y R. Sanchez H, "Automatismos Industriales," de *AUTOMATISMOS INDUSTRIALES*, 2014.
- [32] F. Cembranos Nistal, "Automatizacion," de *AUTOMATIZACION*, 2008.
- [33] "INTERNATIONAL TRAINING," MARZO 2018. [En línea]. Available: <https://www.smctraining.com/webpage/indexpage/311/>. [Último acceso: MARZO 2018].
- [34] Barbado, "Objetivos de la Automatizacion," 2013.
- [35] C. Suaznabar, "BID," *INVES - BID*, diciembre 2016.
- [36] *AUTOMATISMOS INDUSTRIALES*, 2014.
- [37] R. Morales M, "SISTEMAS DE CONTROL", 2013.

- [38] A. S.A, "CONTROL & INSTRUMENTACION," 2010. [En línea]. Available: [https://www.google.com/search?q=Control+PID+conceptos+b%C3%A1sicos+\(ARIAN+Control+%26+Instrumentaci%C3%B3n+2010\)&rlz=1C1CHBD\\_esPE746PE746&oq=Control+PID+conceptos+b%C3%A1sicos+\(ARIAN+Control+%26+Instrumentaci%C3%B3n+2010\)&aqs=chrome..69i57.435j0j7&sourcei](https://www.google.com/search?q=Control+PID+conceptos+b%C3%A1sicos+(ARIAN+Control+%26+Instrumentaci%C3%B3n+2010)&rlz=1C1CHBD_esPE746PE746&oq=Control+PID+conceptos+b%C3%A1sicos+(ARIAN+Control+%26+Instrumentaci%C3%B3n+2010)&aqs=chrome..69i57.435j0j7&sourcei). [Último acceso: 1 ABRIL 2017].
- [39] K. ., Astrom y T. Haggund, Control PID AVANZADO, FREE LIBROS, 2014.
- [40] M. Garcia y C. Reus, "CAPITULO 4 - CONTROLADORES," 1997. [En línea]. Available: [https://www.academia.edu/8810929/CAP%C3%8DTULO\\_4.\\_CONTROLADORES](https://www.academia.edu/8810929/CAP%C3%8DTULO_4._CONTROLADORES).
- [41] A. ., Ponsa y R. Vilanova, "INSTRUMENTACION," de *AUTOMATIZACION DE PROCESOS*, UPC, 2005, pp. 22-48.
- [42] P. Ponsa, V. Ramon y M. Diaz, "Automatizacion de Procesos," vol. 18, n° 4-2007, pp. 21-30, 2005.
- [43] J. Lopez, "Controlador Logico Programable - PLC," 2015.
- [44] S. Monzo, AUTOMATISMOS INDUSTRIALES, Valencia, 2014.
- [45] SCHNEIDER, "Manual Schneider," 01 octubre 2016. [En línea]. Available: <https://www.um.es/docencia/mmc/pdf/telesquemario.pdf>.
- [46] I. UC-20111, "Aplicación tecnológica del Diagrama Hombre-Máquinas," 2011. [En línea]. Available: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?idp=1&id=70723269003&cid=9748>.
- [47] B. Romero y C. Diaz, "Revista Latinoamericana de estudios educativos - Mexico," 2010. [En línea]. Available: <https://www.redalyc.org/pdf/270/27018888005.pdf>.
- [48] Niebel y W. Frederick, "ESTUDIO DE TIEMPOS", 2004.
- [49] N. B, W y A. Freivalds, "INGENIERIA INDUSTRIAL" - Metodos ,Estandares ,Diseño del trabajo, 2009.
- [50] S. Grimaldo G y M. Fonseca D, "ANALISIS DE METODO DE TIEMPOS," vol. II, n° 2, pp. 1-20, 2014.

- [51] NORSAC, "ESPECIFICACIONES DEL PRODUCTO," NORSAC , 2017. [En línea]. Available:  
[https://www.google.com/search?rlz=1C1CHBD\\_esPE746PE746&ei=k42vXZT6Ao2y5wL27rLwDA&q=norsac+ficha+tecnica+de+sacos+de+polipropileno&oq=NORSAC+FICHA+TECNICA+DE+SACOS+DE+POLIPRO&gs\\_l=psy-ab.1.0.33i21.2998.12370..14940...0.6..0.842.6089.0j1j0j5j3j2j2.....0....](https://www.google.com/search?rlz=1C1CHBD_esPE746PE746&ei=k42vXZT6Ao2y5wL27rLwDA&q=norsac+ficha+tecnica+de+sacos+de+polipropileno&oq=NORSAC+FICHA+TECNICA+DE+SACOS+DE+POLIPRO&gs_l=psy-ab.1.0.33i21.2998.12370..14940...0.6..0.842.6089.0j1j0j5j3j2j2.....0....) [Último acceso: MARTES MARZO 2017].
- [52] SIEMENS, "CONTROLADORES LOGICOS PROGRAMABLES," 2015. [En línea]. Available:  
<https://www.industry.siemens.com/home/aan/es/peru/Documents/Lista%20de%20Precios%20Siemens%20VF%20-%20Abril%202015.pdf>.
- [53] S. Electric, "Telesquemario," 2017. [En línea]. Available:  
<https://www.um.es/docencia/mmc/pdf/telesquemario.pdf>.
- [54] M. Raul Solbes, "Automatismos Industriales," 2013. [En línea]. Available:  
[https://books.google.com.pe/books/about/Automatismos\\_Industriales\\_Conceptos\\_y\\_pr.html?id=XrMN6post9UC&redir\\_esc=y](https://books.google.com.pe/books/about/Automatismos_Industriales_Conceptos_y_pr.html?id=XrMN6post9UC&redir_esc=y).
- [55] Gloria ,Grimaldo Leon ; Julian; Silva R ;Diego, Fonseca;Jairo , Molina, "Análisis Metodos Tiempos," 01 Julio 2014. [En línea]. Available: file:///C:/Users/hp41406940/Downloads/77-Texto%20del%20art%C3%ADculo-221-1-10-20150408%20(4).pdf. [Último acceso: Marzo 2017].
- [56] G. MAPS, "Ubicacion Geografica," 2017. [En línea]. Available:  
<https://www.google.com/maps/search/+km+3,2+%E2%80%93san+Jos%C3%A9+%E2%80%93Pimentel/@-6.764826,-79.9695322,181m/data=!3m1!1e3>. [Último acceso: Marzo 2017].
- [57] S. Electric, "Catalogo Schneider," 2018. [En línea]. Available:  
<https://www.se.com/ar/es/search/ATV312HU15N4>. [Último acceso: 02 mayo 2018].

- [58] Autonics, "Regulador de Potencia - SPC1-35," 2017. [En línea]. Available: <http://mx.autonicsonline.com/product/search&tag=SPC1-35-E>. [Último acceso: 2 MAYO 2017].
- [59] Servielectrica, "DETECTOR DE TEMPERATURA" - RTD,» 2018. [En línea]. Available: <https://servielectra.com.ve/medicion-de-temperatura-sensores-de-medicion/>. [Último acceso: 11 Abril 2018].
- [60] O.Rojas; L.Rojas "diseño asistido por computador" *redalyc.org. vol 9,num 1-pp 7-15- 2006*
- [61] E. Toapanta A; "diseño e implementacion de modelado", Trabajo de investigacion -2013
- [62] M. Lobkowicz, P. 142 – 2010.

## VI. ANEXOS

### 6.1. Anexo I : Compresor de 8 – 10 Bar

Compresores de pistón **ASO 260** hasta **ASO 480**

Unidades de aire comprimido **BSO 260-** hasta **BSO 480-**

Unidades doble de aire comprimido **BSO 260-...D** hasta **BSO 480-...D**



Caudal efectivo: 156 – 367 l/min, 6 – 13 cfm

Presión: 8 y 10 bar, 115 y 150 psig

Rango de potencias: 1,5 – 3,2 kW, 2 – 4 CV



ASOL 260 hasta ASOL 480  
ASO 260 hasta ASO 480



BSOL 260- hasta BSOL 480-  
BSO 260- hasta BSO 480-



BSOL 260-...D hasta BSOL 480-...D  
BSO 260-...D hasta BSO 480-...D



**SISTEMA EXENTO DE ACEITE**

Todo el sistema está exento de aceite.



**FLEXIBILIDAD**

Los flexómetros admiten 27 bar.



**EFICIENCIA**

Cada sistema de aire.



**PREPARACIÓN**

El sistema está preparado para su uso.

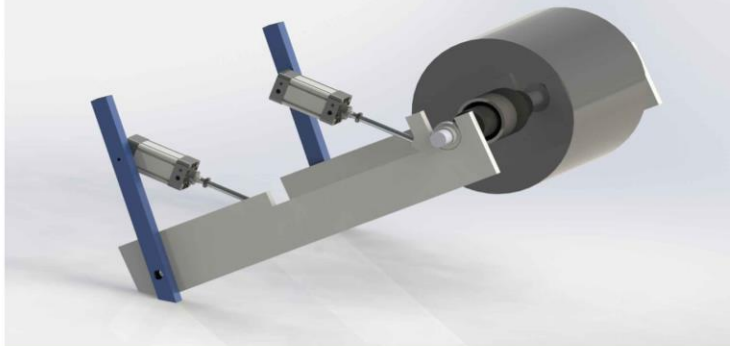
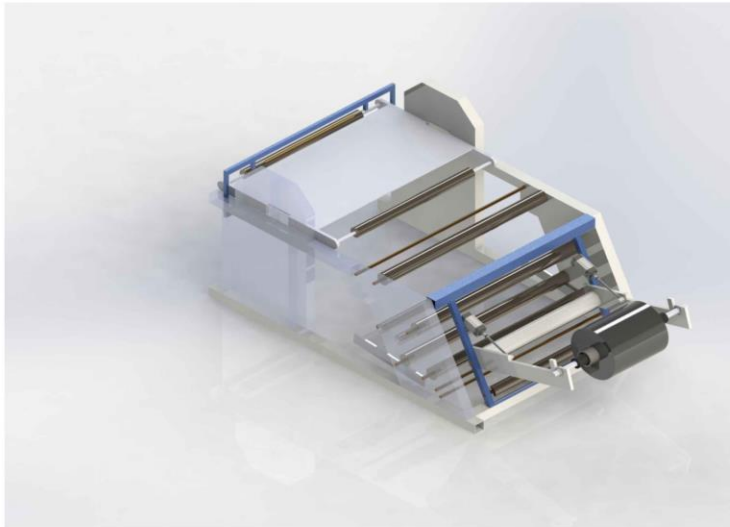
## 6.2. Anexo II: Tabla de temperatura PT 100


PT 100										
ohms										
°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
-190	22.78	22.35	21.93	21.50	21.08	20.66	20.23	19.81	19.38	18.96
-180	27.01	26.59	26.17	25.74	25.32	24.90	24.47	24.05	23.63	23.20
-170	31.24	30.81	30.39	29.97	29.55	29.13	28.70	28.28	27.86	27.44
-160	35.45	35.03	34.61	34.19	33.77	33.34	32.92	32.50	32.08	31.66
-150	39.65	39.23	38.81	38.39	37.97	37.55	37.13	36.71	36.29	35.87
-140	43.78	43.37	42.96	42.54	42.13	41.72	41.30	40.89	40.48	40.06
-130	47.90	47.49	47.08	46.67	46.26	45.85	45.43	45.02	44.61	44.20
°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

Nota Técnica 3, rev. b, <http://www.arian.cl>

°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
-120	52.01	51.60	51.19	50.78	50.37	49.96	49.55	49.14	48.73	48.32
-110	56.11	55.70	55.29	54.88	54.48	54.07	53.66	53.25	52.84	52.43
-100	60.20	59.79	59.38	58.98	58.57	58.16	57.75	57.34	56.93	56.52
-90	64.23	63.83	63.43	63.02	62.62	62.22	61.81	61.41	61.01	60.60
-80	68.25	67.85	67.45	67.05	66.65	66.25	65.84	65.44	65.04	64.64
-70	72.26	71.86	71.46	71.06	70.66	70.26	69.86	69.46	69.06	68.66
-60	76.26	75.86	75.46	75.06	74.67	74.27	73.87	73.47	73.07	72.67
-50	80.25	79.85	79.45	79.06	78.66	78.26	77.86	77.46	77.06	76.66
-40	84.22	83.83	83.43	83.03	82.64	82.24	81.84	81.44	81.05	80.65
-30	88.18	87.79	87.39	87.00	86.60	86.21	85.81	85.41	85.02	84.62
-20	92.13	91.74	91.35	90.95	90.56	90.16	89.77	89.37	88.98	88.58
-10	96.07	95.68	95.29	94.89	94.50	94.11	93.71	93.32	92.92	92.53
0	100.00	99.61	99.22	98.82	98.43	98.04	97.65	97.25	96.86	96.47

### 6.3. Anexo III: Diseño del despiece de la maquina



<b>UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO</b>		
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA	ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL	
DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO EN EL AREA DE CORTE DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE SACOS DE POLIPROPILENO PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD DE LA EMPRESA PERÚSAC E.I.R.L.		
 USAT Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo	DISEÑO DEL DESPIECE DE LA MAQUINA DE CORTE SACOS DE POLIPROPINENO	Hoja 1 de 1
	Dibujado por: Javier Ernesto Navarro Yovera	Fecha 30/10/2019
	Aprobado por: Joselito Sánchez Pérez	Chiclayo Perú

#### 6.4. Anexo IV: Diseño de maquina de corte

