



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ

PROPUESTA DE AUTOMATIZACIÓN DEL BOBINADOR INTERNO Y EXTERNO PARA EL CORTE AUTOMÁTICO DE UNA MÁQUINA COEXTRUSORA DE PLÁSTICO

Autor:
Romero Villamizar, Eliezer Josué

Urb. Yuma II, calle N° 3. Municipio San Diego
Teléfono: (0241) 8714240 (master)



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**PROPUESTA DE AUTOMATIZACIÓN DEL BOBINADOR INTERNO Y EXTERNO
PARA EL CORTE AUTOMÁTICO DE UNA MÁQUINA COEXTRUSORA DE
PLÁSTICO**

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de
INGENIERO ELECTRÓNICO**

Autores: Romero Villamizar, Eliezer Josué
C.I.: 17.315.452
Tutor: MSc. José Pérez

San Diego, Junio 2023



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
COORDINACIÓN DE PASANTÍA Y TRABAJO DE GRADO

ACTA DE APROBACIÓN

INFORME FINAL DE PASANTÍA

TRABAJO DE GRADO

El jurado designado por la Facultad de Legación Electrónica para la evaluación del Informe Final de Pasantía o Trabajo de Grado titulado:

"Propuesta de Automatización del Boleto Interno y Externo para el corte automático de una Máquina Coextrusión de Plástico"

Realizado por el (la) Br. Eliezer Ramero

C.I. N° A.315.452 cursante de la carrera de Ing. Electrónica

hace constar después de analizar su contenido y oída la exposición oral, considera que el Informe Final o Trabajo de Grado ha obtenido la calificación de:

APROBADO

NO APROBADO

El Jurado

[Signature]
Tutor Académico (Coordinador)
Nombre: José Peris
C.I.: 8829908

[Signature]
Jurado
Nombre: Wlmar Saiz
C.I.: 7130996

[Signature]
Jurado
Nombre: Wiston Espinoza
C.I.: 9885895

Fecha: 25/07/23
[Signature]




**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**CONSTANCIA DE APROBACIÓN DE PRESENTACIÓN PARA LA PRESENTACIÓN
PÚBLICA DEL TRABAJO DE GRADO**

Quien suscribe, José Pérez , portador de la cédula de identidad N° 8.829.908, en mi carácter de tutor del trabajo de grado presentado por el ciudadano Eliezer Josué Romero Villamizar, portador de la cédula de identidad N° 17.315.452, titulado “**PROPUESTA DE AUTOMATIZACIÓN DEL BOBINADOR INTERNO Y EXTERNO PARA EL CORTE AUTOMÁTICO DE UNA MÁQUINA COEXTRUSORA DE PLÁSTICO**”, presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Electrónico, considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se designe.

En San Diego a los diez días del mes de junio del año dos mil veintitrés.

MSc. José Pérez
CI:8.829.908



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ MARTÍ
FACULTAD DE INGENIERÍA

FI E 001 2023-1CR SE

Valencia, 26 de mayo de 2023

Ciudadano:
ROMERO VILLAMIZAR, ELIEZER JOSUE
17.315.452
Presente -


Cumplo con informarles que la comisión de Trabajo de Grado y Pasantías de la Facultad de Ingeniería en su reunión N° 07-2023 de fecha 05/05/2023 aprobó el proyecto de grado titulado:

Propuesta de automatización del bobinador interno y externo para el corte automático de una máquina coextrusora de plástico.

Presentado por ustedes como requisito para optar al título de Ingeniero en Electrónica.

Se ratifica la designación del Tutor Académico que lo asesorará en el desarrollo de este proyecto a:
Ing. José Ramon Pérez Colon, titular de la cédula de identidad V- 8.829.908

Atentamente


Dra. Laura Aurora Sáenz Palencia
Decana de la Facultad de Ingeniería



c.c. Coordinación de Pasantías y Trabajo de Grado de la Facultad de Ingeniería

AGRADECIMIENTOS

Primeramente quiero agradecer a Dios, por darme salud, sabiduría y la guía necesaria, para salir adelante y alcanzar un logro más.

A mi padre José Ciro, aunque no estas físicamente siempre estabas pendientes de mis estudios, fuiste mi fuente de apoyo y de ánimo, además a mi madre Arlene Villamizar por tu amor incondicional y por creer siempre en mí.

A mi familia, por estar pendiente mientras cursaba esta maravillosa carrera, por su apoyo y su amor.

A mi tutor, José Pérez Colón, al Profesor Wilmer Sanz y al profesor Freddy Barragán quienes me impartieron sus conocimientos, y su ayuda práctica para la elaboración de este trabajo de grado.

Y finalmente a mis compañeros y amigos fueron una gran ayuda para salir adelante y culminar esta maravillosa etapa.

DEDICATORIA

En primer lugar, este trabajo de grado se lo dedico a mis hijos Elena y Esteban, a mis padres José y Arlene, a mi esposa Anais, a mis hermanos quienes me acompañaron en el transcurso de esta etapa, brindándome su guía y su amor incondicional, dándome ánimo para hacer frente a los obstáculos que en su momento se presentaron, a mi familia y amigos, quienes fueron un apoyo y permitir que esto fuera un hecho, sin duda ha sido un sacrificio y esfuerzo.

INDICE GENERAL

CONTENIDO	Pp.
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XI
ÍNDICE DE TABLAS.....	XIII
ÍNDICE DE CUADROS.....	XIV
ÍNDICE DE ANEXOS.....	XIV
RESUMEN.....	XV
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO

I EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del problema.....	3
1.2 Formulación del problema	6
1.3 Objetivos de la investigación	6
1.3.1 Objetivo General.....	6
1.3.2 Objetivos Específicos	7
1.4 Justificación.....	7
1.5 Alcance de la Investigación.....	7
1.6 Limitaciones de la Investigación.....	8

II MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes	9
2.2 Bases teóricas	10
2.2.1 Materiales Plásticos	10
2.2.1.1 Clasificación de los Plásticos.....	12
2.2.2 Procesos de transformación de plástico.....	13
2.2.2.1 Tipos de procesos de transformación del plástico	13
2.2.3 Proceso de Coextrusión de Plástico.....	14
2.2.4 Proceso de Extrusión de Plástico.....	15
2.2.4.1 Extrusión	15

2.2.4.2 Fases de Extrusión	15
2.2.5 Automatización.....	16
2.2.6 Controlador Lógico Programable	17
2.2.6.1 Arquitectura de un PLC	17
2.2.7 PLC S7-300	19
2.2.8 Interfaz de usuario HMI (Interfaz Hombre Maquina)	20
2.2.9 Pantallas HMI.....	20
2.2.9.1 Características del HMI	21
2.2.10 Software Estándar STEP 7 BASIC.....	22
2.3 Bases legales	24
2.3.1 COVENIN	24
2.3.1.1 Norma 2260-80 Programa de higiene y seguridad industrial	24
2.4 Definición de términos básicos	25

III MARCO METODOLÓGICO

3.1 Tipo de investigación	27
3.2 Diseño de la Investigación	27
3.3 Nivel de la Investigación.....	28
3.4 Población y Muestra.....	28
3.5 Técnicas e Instrumentos de recolección de datos.....	29
3.5.1. Técnicas de recolección de datos.....	29
3.5.2 Técnicas empleadas	29
3.5.2.1 Revisión bibliográfica.....	29
3.5.2.2 Revisión documental.....	29
3.5.2.2 Observación directa	30
3.5.3 Instrumentos empleados	30
3.5.2.1 Instrumento de registro	30
3.5.3.2 Instrumento de observación técnicamente asistida	30
3.5.3.3 Entrevista	30
3.7 Validación del Instrumento	31
3.8 Fases de la Investigación.....	32

IV RESULTADOS

4.1. Fase I: Diagnóstico la situación actual del proceso de corte de una película de plástico en las máquinas Coextrusoras	34
4.1.1 Revisión documental.....	34
4.1.2 Observación directa	49
4.2. Fase II: Determinación de las variables del proceso del corte automático para una película de plástico en las máquinas Coextrusoras	59
4.2.1 Determinación de las variables del proceso de corte automático	59
4.2.1.1 Velocidades.....	60
4.2.1.2 Tiempos.....	61
4.2.1.3 Presiones	61
4.2.3 Determinar los equipos a utilizar para el desarrollo de la propuesta planteada.....	62
4.2.3.1 Controlador Lógico Programable (PLC)	62
4.2.3.2 Dispositivos varios necesarios para la automatización.....	66
4.3 Fase III: Diseño de la automatización del bobinador interno y externo para el corte automático de una máquina Coextrusora de plástico.....	68
4.3.1 Descripción de la programación.....	68
4.3.3.1 Crear un proyecto en STEP 7.....	71
4.3.3.2 Diseño de la programación	72
4.3.3.3 Simulación de la programación	81
4.4 Fase IV: Realización de un estudio de factibilidad operativa, técnica, social y económica para la automatización del bobinador interno y externo para el corte automático.....	87
4.4.1 Factibilidad operativa	87
4.4.2 Factibilidad técnica.....	88
4.4.3 Factibilidad social.....	88
4.4.4 Factibilidad económica	89
4.4.4.1 Costos.....	89
4.4.4.2 Presupuesto del personal.....	90
4.4.4.3 Detalles de los Beneficios	92
CONCLUSIONES.....	95

RECOMENDACIONES.....	96
REFERENCIAS.....	97
ANEXOS.....	99

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	Pp.
Figura 1. Ubicación geográfica de la Empresa Plásticos de Empaques C.A	3
Figura 2. Bobina de plástico coextruida.	4
Figura 3. Componentes de una Extrusora de Plástico.....	16
Figura 4. Partes del PLC S7-300.....	19
Figura 5. Interfaz Hombre Maquina HMI.....	20
Figura 6. Descripción de la máquina Coextrusora.....	36
Figura 7. Transportador de succión.	37
Figura 8. Sistema de dosificación.	38
Figura 9. Extrusora.....	38
Figura 10. Cabezal Soplador.....	39
Figura 11. Cesta de calibración.....	39
Figura 12.Cesta de calibración.....	40
Figura 13. Sistema de tiro	41
Figura 14. Avance.....	41
Figura 15. Bobinador doble Filmatic	43
Figura 16. Partes del bobinador doble Filmatic	44
Figura 17. Sistema de cambio de rodillos	45
Figura 18. Partes del sistema de cambio de rodillo	46
Figura 19. Rodillo tipo banano.	46
Figura 20. Rodillo de contacto con cilindro de apoyo	47
Figura 21. Accionamiento central.....	47
Figura 22. Sistema de separación transversal	48

Figura 23. Pupitre de mando principal.....	49
Figura 24. Panel de control del bobinador del operador	50
Figura 25. Guía paralela (a). Brazo de depósito de barras (b).	51
Figura 26. Ayudantes realizando el corte manual.....	52
Figura 27. Operador realizando el corte manual.....	52
Figura 28. Finalización del corte en modo manual.....	53
Figura 29. PLC S7 300.....	65
Figura 30. Electroválvula AVENTICS.	66
Figura 31. Cilindro neumático.	67
Figura 32. Cilindro neumático.	67
Figura 33. Cilindro sin varilla RMC	67
Figura 34. Cilindro sin varilla RMC	68
Figura 35. Flujograma del proceso de corte automático de los bobinadores 1.....	70
Figura 36. Flujograma del proceso de corte automático de los bobinadores 2.....	70
Figura 37. Crear el equipo Simatic 300.	71
Figura 38. Insertar bastidor	72
Figura 39. Símbolos del programa de automatización.....	73
Figura 40. Inicio del Sistema	75
Figura 41. Verificación de Tensión de Mando y Alarma	75
Figura 42. Verificación de Posición de Cuchilla	76
Figura 43. Alarma de Posición de Cuchilla y Entrada del Motor Central	76
Figura 44. Posición de SCR activa	76
Figura 45. Posición del rodillo ensanchador.....	76
Figura 46. Alarma de Apagado del sistema	77
Figura 47. Activación del Rodillo Opresor.....	77
Figura 48. Sensor Rodillo Opresor llevo a su posición	78
Figura 49. Electroválvula 1 activa la electroválvula 2.....	78
Figura 50. Activación del Motor Central.....	79
Figura 51. Sensor de acople motor central activo.....	79
Figura 52. Guía paralela hacia atrás.....	79
Figura 53. Activa el rodillo desviador.	80

Figura 54. SCR abajo.....	80
Figura 55.Cuchilla activa.....	81
Figura 56. Cuchilla activa.....	81
Figura 57. E0.0 Corte automático START.....	82
Figura 58. Verificación de Tensión de mando.....	82
Figura 59. Tensión de mando no activa genera alarma.....	82
Figura 60. Cuchilla en posición.....	82
Figura 61. Alarma de Cuchilla no posición.....	83
Figura 62. Central activo y alarma central.....	83
Figura 63. Posición SCR.....	83
Figura 64. Rodillo ensanchador en posición.....	84
Figura 65. Alarma RUN, verificación OK.....	84
Figura 66. STOP de emergencia.....	84
Figura 67. Activación del STOP de emergencia.....	85
Figura 68. Rodillo opresor en posición.....	85
Figura 69. Activación del motor central.....	85
Figura 70. Motor central activo.....	85
Figura 71. Salida electroválvula 2, acople en posición.....	86
Figura 72. Guía paralela hacia atrás.....	86
Figura 73. Se activa rodillo desviador.....	86
Figura 74. SCR abajo.....	87
Figura 75. Se activa electroválvula de cuchilla de corte.....	87
Figura 76. Activación de electroválvula de seguro del trinquete.....	87
Figura 80. Presupuesto SIMATIC S7-300.....	¡Error! Marcador no definido.

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA	Pp.
Tabla 1. Producción y desperdicio del año 2022 para la empresa Plásticos de Empaques	6
Tabla 2. Descripción de la parte de un PLC S7-300.....	20
Tabla 3. Tabla de características principales de los HMI.....	22
Tabla 4. Descripción de la máquina Coextrusora	35

Tabla 5. Datos técnicos de una máquina Coextrusora modelo Windmoller & Holscher	42
Tabla 6. Descripción del bobinador	44
Tabla 7. Velocidad de línea para la máquina Coextrusora #7 55528	60
Tabla 8. Tiempos para los procesos de Inyección	61
Tabla 9. Costo de las opciones de los PLC.....	62
Tabla 10. Entradas y Salidas del Proceso de corte automático de los bobinadores.....	72
Tabla 11. Costos de Materiales.....	90
Tabla 12. Costo del personal.....	91
Tabla 13. Tabla de Conceptos del personal	91
Tabla 14. Costo Total del Proyecto.....	92
Tabla 15. Producción y desperdicio de los últimos 5 meses.....	92
Tabla 16. Producción y desperdicio de los últimos 5 meses con 5%	93
Tabla 17. Venta y pérdida de los últimos 5 meses del año 2022	93
Tabla 18. Proyección de venta y pérdida de los últimos 5 meses del año 2023	93

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO	Pp.
Cuadro 1. Entrevista N°1	31
Cuadro 2. Pasos para realizar el corte en modo manual	51
Cuadro 3. Pasos para del proceso del corte automático de la Coextrusora.....	53
Cuadro 4. Comparativo respuestas de las entrevistas.	59

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXOS	Pp.
ANEXO A. Formulario Metodológico	100
ANEXO B. Cuadro técnico metodológico.....	101
ANEXO C. Instrumento de recolección de datos	102
ANEXO D. Validación del instrumento guion de la encuesta.....	102



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**PROPUESTA DE AUTOMATIZACIÓN DEL BOBINADOR INTERNO Y EXTERNO
PARA EL CORTE AUTOMÁTICO DE UNA MÁQUINA COEXTRUSORA DE
PLÁSTICO**

Autores: Romero, Eliezer

Tutor: MSc. José Pérez

Fecha: Junio 2023.

RESUMEN

El presente Trabajo de Grado propone la automatización del bobinador interno y externo para el corte automático de una coextrusora de plástico en la empresa Plásticos de Empaque C.A. Esta propuesta se basa en realizar el corte automático de una bobina de plástico a otra, cuando esta tenga el metraje específico, actualmente en la empresa este proceso se realiza manualmente dejando un nivel de alto desperdicio y generando baja rentabilidad en la empresa. El trabajo está enmarcado en la línea de investigación “Ciencias Cognitivas y Aplicadas”, de la modalidad proyecto factible, con un diseño descriptivo y un nivel de campo; basándose en las máquinas coextrusoras que se encuentran operativas en la empresa Plásticos de Empaque C.A, para el desarrollo de los objetivos planteados se seguirá los siguientes lineamientos, objetivo uno que se basa en el diagnóstico de la situación actual de la empresa para el corte en automático de una bobina de plástico se usará como técnica de recolección de datos la encuesta y la observación directa. Para el objetivo dos se seguirá con el procedimiento de determinar las variables del proceso del corte automático para una película de plástico en las máquinas coextrusoras, para el objetivo tres se estará diseñando la automatización del proceso bajo el PLC S7-300 y utilizando el software STEP-7 el cual se desarrollará el programa y se realizaran las simulaciones pertinentes, y por último se estará desarrollando la factibilidad operativa, económica y técnica del proyecto de grado a desarrollar.

Descriptores: Coextrusora, plástico, bobinador, corte automático.

INTRODUCCIÓN

Los sistemas de automatización y gestión han causado un gran impacto desde su llegada, cumpliendo un rol fundamental para cualquier estructura organizacional y formando parte de la vida cotidiana de las personas, disminuyendo el tiempo y esfuerzo para la realización de algunas actividades que resultaban tediosas y ofreciendo una calidad mayor en cuanto a servicios; es por ello que la gestión de los sistemas de monitoreo tienen como objetivo facilitar y mejorar los tiempos de producción.

La automatización de un sistema donde se transfieren tareas de producción, que normalmente son realizadas por operadores humanos a un conjunto de elementos tecnológicos y que son utilizadas con el fin de aumentar la productividad, suprimir trabajos forzosos e incrementar la seguridad. En los sistemas de control automático, es de vital importancia que los dispositivos que actúan como elementos integradores del mismo, ofrezcan un nivel de seguridad que permita garantizar el desarrollo completo del proceso en ejecución en industrias tales como las manufactureras, comerciales, entre otras.

El desarrollo y progreso tecnológico en el área de la automatización en la actualidad conducen a la industria a innovar y desarrollar nueva maquinaria para que de esta forma poder incrementar la producción y así reducir el tiempo y costos que requiere la misma. Ya que en este punto la industria es un ámbito muy competitivo donde la rapidez, el bajo costo y la calidad entre otros, son aspectos de gran importancia a la hora de surgir en este campo siendo consecuentes con eso las industrias hoy en día están preocupadas por desarrollar nuevas tecnologías e implementar las ya existentes en los distintos procesos que involucran en el desarrollo de sus productos.

La Empresa Plásticos de Empaque C.A, ubicada en la Zona Industrial II en Valencia del Estado Carabobo, presenta problemas de automatización en el corte de una película de plástico cuando se realiza el cambio de bobina, realizar el corte automático para el cambio de bobina de plástico es de suma importancia para la empresa ya que estaría disminuyendo el desperdicio y aumentando la rentabilidad de la empresa, aparte que automatizar este proceso genera un alto grado de seguridad para los operadores de la máquina, y por último aumentaría la productividad de la misma. Por otro lado, la gestión interna dentro de la empresa evitará inconvenientes y demoras en el proceso de calidad del producto, ofreciendo un mejor servicio y de esta manera lograr una mejor satisfacción a los clientes en toda la línea de producción.

El propósito del proyecto es desarrollar una propuesta de automatización del bobinador interno y externo para el corte automático de una coextrusora de plástico en la Empresa Plásticos de Empaques C.A con el fin de mejorar, optimizar y automatizar algunos procesos, aplicando la utilización de herramientas tecnológicas para realizar las actividades que antes se ejecutaban de forma manual.

Este proyecto se presentará estructurado con cuatro capítulos de la manera siguiente:

Capítulo I: referido al problema, su planteamiento el cual se trata de comprobar durante todo el curso de la investigación por medio de los objetivos generales y específicos, así como la justificación del estudio y su alcance.

Capítulo II: se hace hincapié en los antecedentes y bases teóricas.

Capítulo III: en el marco metodológico se darán a conocer la metodología que se empleará para el desarrollo de este trabajo y se especificarán los métodos utilizados para recolectar y analizar la información necesaria.

Capítulo IV: este capítulo se hablará sobre los resultados en la cual se llevan a cabo todos los objetivos desarrollados paso a paso.

CAPÍTULO I EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del problema

La automatización de las plantas industriales a nivel mundial, ofrecen grandes oportunidades para el desarrollo de empresas con proyectos de inversión de alta rentabilidad. Debe considerarse que, en una economía competitiva, las empresas están obligadas a ser eficientes; aquellas corporaciones que no tomen las decisiones adecuadas o no se actualicen frente a los avances que se van presentando, están condenadas a perder rentabilidad y desaparecer. De este modo, la automatización de los procesos de producción constituye una necesidad inevitable para las empresas en la actualidad.

Por lo tanto, en Venezuela, hay un amplio consenso en la industria del plástico sobre la necesidad de una automatización completada alrededor de las máquinas de inyección si se quiere seguir manteniendo la producción a un costo económico competitivo a pesar de la tendencia a lotes cada vez más reducidos debido a la situación económica del país y a su vez por la mayor diversidad de variantes. Por este motivo, las soluciones de automatización inteligente cuentan con una gran demanda.

La empresa Plásticos de Empaques C.A, se encuentra ubicada en la calle General Arismendi, avenida Hans Neumann, en la Urbanización Industrial el Bosque La Isabelica, Valencia (ver figura 1). Esta es una empresa de manufactura que se encarga de la fabricación de película de polietileno coextruídas en el ramo de enfardados, termoencogibles, empaques primarios del sector alimenticio, películas para sacos, stretch Hood, entre otros.

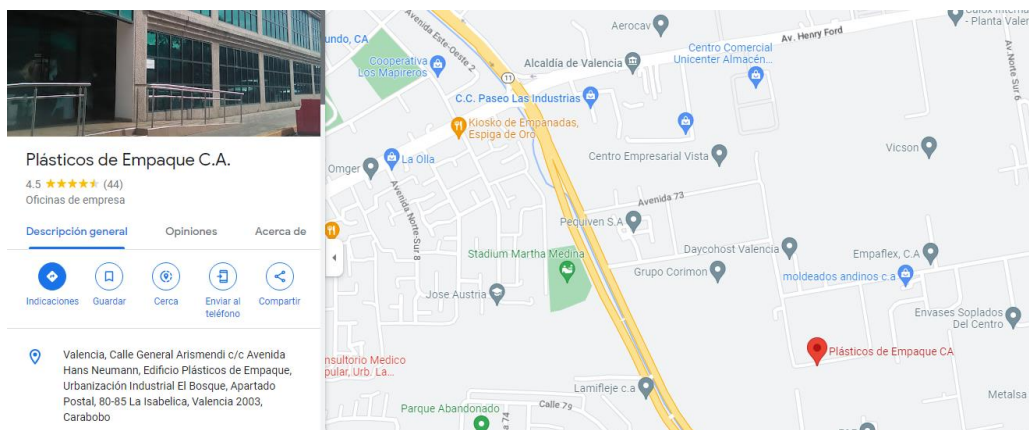


Figura 1. Ubicación geográfica de la Empresa Plásticos de Empaques C.A

Fuentes: Romero, E (2023)

Actualmente la empresa cuenta con dos plantas llamadas planta Norte y planta Sur, lo cual en planta Norte se coextruye todo el plástico principal y en planta Sur está el área de conversión en este caso hay máquinas de sellado, embozado e impresión. En este proyecto de grado nos concentraremos más en Planta Norte la cual cuenta con siete (7) máquinas Coextrusoras de plásticos cada una con especificaciones distintas para la coextrusión de distintos tipos de materiales.

Es por esto, que en la empresa se cuentan con máquinas Coextrusoras marca Windmoller & Holsher fabricadas en Alemania, las cuales son modernas y contiene modelos de automatización inteligentes y altamente capacitados para realizar películas de polietileno con calidad de estándar mundial, sin embargo, el uso y el pasar de los años se ha ido deteriorando las máquinas ya que no cuentan con un plan de mantenimiento preventivo óptimo que resguarde el funcionamiento de las mismas, actualmente las máquinas 6 (seis) y 7 (siete) son las que están más actualizadas y nuevas en el proceso ya que estas son del año 2012, pero estas mismas han ido perdiendo cierto aspectos del proceso automático por no contar con los repuestos necesarios para una posible reparación o con un personal capacitado para la resolución de los problemas en el departamento de mantenimiento, estas máquinas coextrusoras 6 (seis) y 7 (siete) en su proceso de coextrusión del plástico es enrollado en un core el cual es llamado bobina de plástico (ver figura 2), cuando este plástico es bobinado tiene un metraje exacto según por el pedido del comprador, el cual no puede pasar de esta especificación, sin embargo estas bobinas pueden ser mucho más grande o más pequeñas de metraje ya que no cuentan con un sistema de corte automático que permita llegar al metraje específico y que este mismo sea cortado a la exactitud.



Figura 2. Bobina de plástico coextruida.

Fuentes: Romero, E (2023)

Entonces cuando un operador determina si la bobina está en el metraje específico este mismo realiza un corte de manera manual del plástico para que no se siga enrollando, el operador líder de la máquina realiza esta acción de manera cuidadosa evitando crear algún accidente laboral, ya que por estar cerca de estos rodillos motorizados puede ocurrir algún evento desafortunado. Casi siempre el operador líder deja que la bobina tenga más metraje, para ellos limpiar la misma desenrollando este plástico y dejando con las características específicas del comprador, todo este plástico desenrollado es llamado desperdicio el cual es pesado y envuelto para ir hacia otro proceso.

En la empresa se está generando un desperdicio del 23% por cada orden producida, es decir si la orden es de 10.000 Kg se genera 2.300 kg de desperdicio, es generado por varios factores entre los cuales el corte manual tiene un porcentaje de 43% sobre el desperdicio total de la orden lo cual no es rentable para la organización puesto que los costos de materia prima, infraestructura y mano de obra según la orden es de 20% llegando al límite de rentabilidad, pero cuando esto supera el 25% la empresa empieza a perder. En la siguiente gráfica podemos observar las causas de desperdicio y el porcentaje que es generado en enero del 2022, donde las causas más altas de desperdicio son llamadas refilé y falla de corte las cuales estas vienen del factor de no tener un corte automático en el proceso de producción.



Gráfica 1. Causas de desperdicio Enero 2022

Fuente: Romero, E (2023)

Por otro lado, en la siguiente tabla podemos observar la producción y el desperdicio generado en planta a lo largo del año 2022, donde se evidencia que existe un 23% de desperdicio en la producción y 44% del total del desperdicio que va anclado a refile más falla de corte.

Tabla 1. Producción y desperdicio del año 2022 para la empresa Plásticos de Empaques

Mes	Producción	Desperdicio	% Desperdicio	Refile + Falla de Corte	%
Enero	108002	14037	12,99698154	6851,8	48,8124243
Febrero	148000	34088	23,03243243	12202,3	35,796468
Marzo	200100	55210	27,5912044	20561	37,2414418
Abril	157210	35246	22,4196934	18561	52,6612949
Mayo	322000	80512	25,00372671	37895	47,0675179
Junio	288951	72560	25,1115241	32056	44,1786108
Julio	148560	34000	22,88637588	13892	40,8588235
Agosto	220000	58310	26,50454545	23891	40,972389
Septiembre	298561	70564	23,63470112	34897	49,454396
octubre	189000	39642	20,97460317	18795	47,4118359
Noviembre	152897	34892	22,82059164	13589	38,9458902
Diciembre	130000	30542	23,49384615	13600	44,5288455
TOTAL	2363281	559603	23,679	24679,1	44,1011038

Fuente: Romero, E (2023)

1.2 Formulación del problema

Del planteamiento del problema descrito anteriormente se deriva las siguientes interrogantes:

¿Cómo disminuir el alto nivel de desperdicio de plástico en la operación de las máquinas coextrusoras de la empresa Plásticos de Empaque C.A?

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 Objetivo General

Proponer el diseño de la automatización del bobinador interno y externo para el corte automático de una máquina Coextrusora de plástico.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Diagnosticar la situación actual del proceso de corte de una película de plástico en las máquinas Coextrusoras.
- Determinar las variables del proceso del corte automático para una película de plástico en las máquinas Coextrusoras.
- Diseñar la automatización del bobinador interno y externo para el corte automático de una máquina Coextrusora de plástico.
- Realizar un estudio de factibilidad operativa, técnica y económica para la automatización del bobinador interno y externo para el corte automático de una máquina Coextrusora de plástico.

1.4 Justificación

El presente proyecto de investigación se basa en la propuesta del diseño de la automatización del bobinador interno y externo para el corte automático de una máquina Coextrusora de plástico, la cual consta de una automatización en el cual el corte de una bobina de plástico se pueda realizar en modo automático colocando en un panel el metraje específico de la orden de fabricación, esto con la finalidad de que la bobina tenga el metraje correcto y disminuya el desperdicio al realizar el corte de la misma. Esto trae como beneficio para la empresa Plásticos de Empaque C.A la reactivación de las máquinas coextrusoras en modo automático completamente pudiendo obtener un mejor funcionamiento en el monitoreo de las variables de proceso, además resguardar a los operadores de algún accidente laboral por realizar el corte de manera manual, por otro lado mejorara la rentabilidad de la empresa generando así ganancias sustentables para el futuro y resguardando del trabajo de cada una de las personas que hacen vida laboral.

Así también, la realización de este Trabajo Especial de Grado permitirá cumplir con los requisitos académicos exigidos por la Universidad José Antonio Páez para alcanzar el título de Ingeniero en Electrónica, además de adquirir nuevos conocimientos y poner en práctica todo el aprendizaje e información adquirida durante toda la carrera.

1.5 Alcance de la Investigación

Esta investigación del diseño de la automatización del bobinador interno y externo para el corte automático de una máquina Coextrusora de plástico abarca todas las industrias en el área de coextrusión de películas de polietileno a nivel nacional e internacional.

El presente proyecto propone el mencionado sistema e incluye un estudio de su factibilidad económica, sin que tales objetivos abarquen su implementación, la cual queda a criterio y decisión posterior de la empresa.

1.6 Limitaciones de la Investigación

Para este proyecto se considera que son limitaciones las siguientes a plantearse:

- Obsolescencia de los mecanismos a recuperar.
- Referencias bibliográficas limitadas.
- Los obstáculos relativos a las previsiones de seguridad de la empresa de Plásticos de Empaque para proporcionar información acerca de su estructura de costo, información operativa de las máquinas coextrusoras, planos eléctricos / mecánicos de las máquinas, entre otras cosas.
- Dificil acceso a la información por restricciones (patentes) sobre los materiales y equipos a utilizar.

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

Para el desarrollo de este proyecto se tomaron en cuenta trabajos realizados por otros autores como referencias que contribuyan y/o complementen el proceso de alcanzar los objetivos y resultados esperados. Estos proyectos se describen brevemente a continuación:

Arévalo, Castaño en el (2022), en su Trabajo de Grado titulado “**Automatización de un bobinador de película plástica**”. Para optar por el título tecnólogo en electrónica en la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, ubicada en Colombia, Bogotá. Donde se planteó la siguiente propuesta de automatización de un bobinador de plástico basado en una solución eficaz por un dispositivo PID lo cual creo un lazo cerrado en el enrollamiento entre el motor del bobinador y del halador como eje fundamental del proyecto, tomando como referencia la misma velocidad en toda la máquina. Para ello, se implementó una conexión entre los dispositivos de control (PID) y los variadores de frecuencia de cada motor de la extrusora. Por otro lado, se usará una configuración diferente en cada sector y se aportará en la extrusora una solución de lazo cerrado y automática en su totalidad en la parte del tensado, lo cual generará una película de calidad y poca intervención aumentando así la producción de esta máquina.

El proyecto se vincula en el actual ya que aporta información precisa y concisa sobre cómo puede ser la automatización de un bobinador de una película de plástico ya que en este trabajo de grado estaremos evaluando el desarrollo de variables y controles que son utilizados en un bobinador, y de esta manera obtener las variables necesarias para realizar la automatización del corte automático en un bobinador.

Así mismo Martins, M en el (2020) en su Trabajo de Grado titulado “**Automatización del sistema de supervisión y control para el proceso de inyección de la Empresa Plastienvases H.H**”. Para optar por el título de Ingeniero en electrónica en la Universidad José Antonio Páez, ubicada en Venezuela, Carabobo. Donde se planteó la siguiente propuesta de automatización para un sistema de supervisión y control para el proceso de inyección en la empresa Plastienvases H.H., tiene como la finalidad de incrementar el nivel de calidad tanto en los productos, como en la productividad de la empresa. La línea de investigación es Avances Tecnológicos de Automatización y Control, bajo la modalidad de proyecto factible con un diseño experimental y nivel de investigación descriptiva. La propuesta de automatización está basada en cuatro fases

elementales como lo son: diagnosticar el proceso actual de la empresa, determinar las variables del proceso de inyección, y por último realizar un estudio de factibilidad económica. Por otro lado, el controlador lógico programable que fue escogido para esta propuesta de desarrollo de investigación es un PLC (S7-300) y la interfaz a utilizar se desarrollara en el programa STEP 7 SIEMENS.

El proyecto se vincula en el actual donde aporta como se puede desarrollar una automatización mediante el PLC S7-300 el cual fue escogido para el desarrollo de este proyecto, aparte de cómo puede realizar un programa basado en un lenguaje escalera mediante el programa STEP 7 SIEMENS que también será utilizado en el desarrollo de este proyecto.

Por último, Quitiaquez, S (2021) en su Trabajo de Grado titulado “**Diseño y construcción de un prototipo de máquina extrusora para fundir plástico Pet reciclable con capacidad de 5kg/h**” en la Universidad Politécnica Salesiana para optar por el título de Ingeniero Mecánico, ubicada en Perú, Quito. El cual hace referencia al diseño y construcción en 3D de una máquina extrusora de plástico la cual plantean fórmulas que son regidas por el diseño de un tornillo de extrusión, así como también los componentes que conforman una extrusora de tornillo simple para inyección de polímeros, analizando el comportamiento mecánico, térmico y de control para la transformación del polímero mediante adición de calor.

El proyecto mencionado se vincula con el actual donde aporta sistemas para la recopilación de información y automatización, así como los polímeros utilizados en la industria para productos de consumo masivo y su manufactura por los diferentes procesos de inyección y conformado, obteniendo de esta manera un mejor conocimiento de las máquinas extrusoras y las partes que las componen, lo cual es de suma importancia para el desarrollo de este proyecto de grado.

2.2 Bases teóricas

Las bases teóricas son el sustento de la investigación, comprendiendo un conjunto de conceptos y proporciones que conforman un enfoque determinado, de tal manera que se pueda observar un espectro más amplio acerca de la investigación sirviendo como punto de partida. A tal efecto, se consideró oportuno profundizar algunas teorías en función de los tópicos que integran el desarrollo de esta investigación.

2.2.1 Materiales Plásticos

Los plásticos son polímeros orgánicos, grandes moléculas formadas por las uniones repetidas de una o varias moléculas. Las moléculas que se combinan para formar las moléculas de un

polímero se denominan monómeros. El proceso mediante el cual cientos o miles de pequeñas moléculas de monómero se enlazan entre sí para formar una gran molécula de polímero es una reacción de polimerización. El monómero es el reaccionante original que se transforma químicamente en un polímero. Normalmente se utilizan indicadores, catalizadores, control de pH, calor y vacío para acelerar y controlar la reacción de polimerización y así optimizar el proceso de obtención. Además, es posible que dos o más monómeros sean polimerizados juntos en las proporciones deseadas dando lugar a copolímeros. El poliestireno es un material transparente y quebradizo. El polibutadieno es un hule sintético. Un copolímero de 25% de poliestireno y 75% de polibutadieno es un hule con aplicaciones directas en alfombras, cojines, etcétera. Un copolímero con una proporción inversa de los polímeros anteriores nos da un copolímero con aplicaciones para gabinetes y muebles.

Actualmente, existen más de 20 familias de plásticos disponibles para comercializarse, los cuales pueden clasificarse de diversas maneras. Una clasificación utilizada ampliamente es la que se basa en el comportamiento termomecánico de estos materiales, en la cual los plásticos se agrupan en termofijos y termoplásticos.

Los termoplásticos son resinas con una estructura molecular lineal (obtenida por procesos de polimerización o de policondensación) que durante el moldeo en caliente no sufren ninguna modificación química. La acción del calor causa que estas resinas se fundan, solidificándose rápidamente por enfriamiento en el aire o al contacto con las paredes del molde. Dentro de ciertos límites, el ciclo de fusión-solidificación puede repetirse; sin embargo, debe tenerse en cuenta que el calentamiento puede dar como resultado la degradación de la resina. Una analogía para este material puede ser una vela. Las moléculas no se entrecruzan en estos materiales. Se puede decir que de todos los plásticos usados en el mundo dos terceras partes son termoplásticos.

Las resinas termofijas (también obtenidas por polimerización o de policondensación) pueden ser fundidas una sola vez. Las resinas de este grupo, que se caracterizan por tener una estructura molecular reticulada o entrelazada, se funden inicialmente por la acción del calor, pero enseguida, si se continua la aplicación del calor, experimentan un cambio químico irreversible, el cual provoca que las resinas se tornen infusibles (es decir no se plastifican) e insolubles. Este endurecimiento es causado por la presencia de catalizadores o agentes recirculantes. Este material no puede ser remolido y utilizado nuevamente. Una analogía para este material es un huevo duro, el cual ha pasado de líquido a sólido y no puede regresar de nuevo a líquido. Como ejemplo de termofijos

tenemos: resinas fenol-formaldehído, epóxicas, etcétera. Algunos de los primeros materiales de moldeo, producidos comercialmente, fueron termofijos.

2.2.1.1 Clasificación de los Plásticos

Debido a la diversificación de los plásticos que existen en la actualidad, es importante conocer la clasificación, la cual se basa en su comportamiento a la transformación, sus propiedades o su aplicación.

Termoplásticos: Se caracterizan por transformarse de sólido a líquido y viceversa por acción del calor y se disuelven o por lo menos se hinchan al contacto con solventes. A temperatura ambiente se pueden encontrar desde blandos hasta duros y frágiles, pasando por rígidos y tenaces. Su comportamiento se deriva de su estructura molecular, pues tienen la forma de cadena abierta o de hilos. Entre las principales ventajas de los termoplástico para reblandecerse y fundirse se puede mencionar que pueden termoformarse o moldearse por calor, es decir, una lámina o un tubo pueden pasar a un estado elástico, parecido al de la goma blanda, y adquirir nuevas formas después de enfriarse en un molde, además los termoplásticos pueden soldarse y sus desechos son reciclables. Las desventajas consisten en que el reblandecimiento provocado por el calor limita en gran medida las temperaturas de uso de los termoplásticos, sobre todo cuando se someten a la acción simultánea de fuerzas mecánicas. A su vez, los termoplásticos se dividen en amorfos y semicristalinos.

- a) **Amorfos:** Los termoplásticos amorfos se caracterizan porque sus moléculas filamentosas están en completo desorden, este arreglo permite el paso de la luz, razón por la cual los plásticos amorfos son transparentes.
- b) **Semicristalinos:** El orden molecular de los plásticos semicristalinos es relativamente bueno, en el que se aprecia un cierto paralelismo dentro de los filamentos moleculares. El ordenamiento en los tramos de las macromoléculas paralelas equivale al ordenamiento de átomos o moléculas paralelas en forma de cristales, los cuales se oponen al paso de la luz provocando una apariencia lechosa o translúcida.
- c) **Termofijos:** Los plásticos que se mantienen rígidos y sólidos a temperaturas elevadas se denominan termofijos. Se obtienen por recirculación de productos líquidos de bajo peso molecular, están reticulados en todas direcciones y debido a su estructura no son moldeables plásticamente. Son infusibles y resisten altas temperaturas, no pueden ser disueltos y raramente se hinchan, a temperatura ambiente son duros y frágiles, no son reciclables.

2.2.2 Procesos de transformación de plástico

Esta industria se mueve a una velocidad impresionante, cada día se descubren nuevas técnicas de obtención de este material, pero al mismo tiempo, en universidades, institutos de investigación y en la industria se desarrollan nuevos tipos de procesos para el mejor aprovechamiento de estos. Algunos procesos son específicos para ciertas aplicaciones no muy comunes ni comerciales, sino de interés particular de quien lo desarrolla, por ejemplo, la milicia, la medicina, etc., sin embargo, en las aplicaciones comerciales se trabaja muy fuerte para mejorar las técnicas buscando abatir costos y obtener los mayores beneficios.

2.2.2.1 Tipos de procesos de transformación del plástico

Existen diferentes procesos de transformación de los plásticos, a continuación, se mencionan su clasificación por tipo de plástico:

- a) Procesos para termoplásticos
 - Extrusión.
 - Inyección.
 - Soplado.
 - Termo formado.
 - Calandreo.
 - Sinterizado.
 - Recubrimiento de cuchillas.
 - Inmersión.
- b) Procesos para termofijos
 - Laminado.
 - Transferencia. Embobinado.
 - Filamento continuo.
 - Pultrusión.
- c) Procesos para termoplásticos y termofijos
 - Vaciado.
 - Rotomoldeo.
 - Compresión.
 - Esreado.

- RIM.

2.2.3 Proceso de Coextrusión de Plástico

La coextrusión es un proceso mediante el cual obtenemos un producto final fruto de la mezcla de dos o más materiales que son diferentes. Estos dos o más materiales se extrusionan simultáneamente. La coextrusión busca cubrir unos requisitos, ya sean funcionales o estéticos, cuando estos no pueden ser cubiertos con el uso de un solo material.

Para fabricar este tipo de materiales, el proceso para su producción es el siguiente:

- Se utiliza una tolva de la extrusora primaria, se dosificará lo que será el material principal.
- En la extrusora auxiliar se coloca el segundo material. También con una tolva especial se realizará la mezcla de este material si es necesario con aditivos o colorantes.
- Luego se pasará ambos materiales por los conductos donde desciende el material, bajo unos parámetros de temperatura y presión previamente definidos, lo que dará como resultado una geometría determinada en sección continua.

Al final, este proceso se basa en el uso de dos extrusoras o más unidas a través de la dosificación a través del utillaje, de forma que al enfriarse los materiales fundidos queden totalmente integrados en un mismo producto.

La coextrusión es un proceso que trae múltiples beneficios; sin embargo, se presentan desafíos que deben considerarse para obtener el mayor potencial de los materiales. Dos de las inestabilidades de flujo más comunes son la interfacial y los tipos de onda. La primera, se presenta de manera común entre los materiales que tienen viscosidades de cizallamiento muy diferentes. La segunda, entre las elongaciones (estiramiento y extensión). Para evitar la inestabilidad de flujo se deben tomar en cuenta dos parámetros:

1. **Viscosidad coincidente.** En la interfaz, hay una continuidad de esfuerzos cortantes. Como resultado, existe un rango óptimo de relaciones de viscosidad en función de las relaciones de capa, de esa forma se consigue estabilidad.
2. **Velocidad media coincidente de las dos capas.** Las viscosidades elongaciones son difíciles de medir, pero de esta forma se consigue examinar si las dos capas podrían enfrentar un problema de inestabilidad del flujo. En la última década, se realizaron esfuerzos para conseguir, entre otras cosas, estabilidad de flujo, diseño de matrices optimas y, por supuesto, mejores procesos de coextrusión. Todo se orienta al objetivo principal de

brindar productos que cubran las altas demandas y que, a la vez, representen un beneficio económico para transformadores y consumidores.

2.2.4 Proceso de Extrusión de Plástico

2.2.4.1 Extrusión

La extrusión se refiere al proceso industrial de fusión y moldeo de plástico bajo presión constante y flujo forzado para obtener una forma de polímero específica adecuada para la aplicación final. Con esta tecnología se pueden obtener productos de excelente calidad como películas de empaque, bolsas de plástico, tuberías de agua, tuberías de desagüe, mangueras, filamentos y recipientes.

2.2.4.2 Fases de Extrusión

En primer lugar, el plástico a procesar (cloruro de polivinilo (PVC), polietileno (PE), etc. Se suministra a la extrusora en forma de gránulos o polvo a través de una tolva correspondiente a la forma. A la de la tolva (ver figura 3). Por lo tanto, el polímero se suministra a la extrusora, donde se transporta por tornillo. El tornillo contiene una espiral que permite que el material gire y sea empujado hacia el barril a una velocidad constante. A medida que el material se mueve a lo largo del tornillo, la temperatura y la presión dentro de la extrusora aumentan, lo que hace que el material se corte y se vuelva más compacto. El polímero se plastifica por el calor generado por la fricción del husillo giratorio y la resistencia eléctrica fuera del cilindro, también conocida como calentador. La mayor parte de la energía necesaria para plastificar el polímero la proporciona un motor que permite que el eje gire continuamente. Por lo tanto, después de este proceso, el material sale del cabezal y golpea la placa perforada y se compacta.

La boquilla tiene un orificio predeterminado para darle al polímero una forma final. Si la matriz tiene forma de anillo, el tubo está disponible como producto. Las rendijas largas dan como resultado láminas y películas planas, y las boquillas con muchos orificios pequeños forman filamentos. Al salir de la matriz, el producto resultante se enfría al entrar en contacto con rodillos de aire, agua o metal y puede deformarse a las dimensiones requeridas después de estirarse, enrollarse o cortarse. Existen extrusoras de doble husillo que pueden mezclar completamente el polímero y las cargas utilizadas (aditivos, minerales, cargas reforzadas, pigmentos, etc.). El tornillo es el componente más técnico de la extrusora, simple o doble. El diseño depende del tipo de material, ya que el polímero se funde a diferentes temperaturas. Generalmente, los husillos se dividen en tres áreas según su función:

- De transporte o alimentación: como su nombre lo indica, es donde se alimenta la resina plástica y las cargas a utilizar.
- De compresión: en este se realiza la fusión del material y se mezclan los componentes.
- De dosificación: es donde se presenta el bombeo y la salida del material.

En la figura 3 se puede ver las tres partes principales de una extrusora plástica donde se puede observar como el polímero es transformado a un producto plástico.

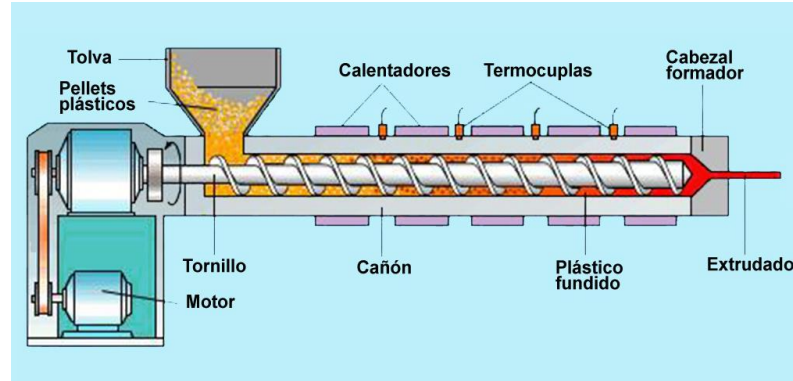


Figura 3. Componentes de una Extrusora de Plástico

Fuente: <https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/03/extrusion-de-materiales-plasticos.html>

El diseño del husillo depende del material utilizado. Por ejemplo, si el material tiene un punto de fusión alto, tardará más en plastificarse, lo que dará como resultado zonas de compresión más largas. De esto se puede concluir que el tornillo está diseñado para las propiedades de flujo del polímero

2.2.5 Automatización

Es un sistema donde se transfieren tareas de producción, realizadas habitualmente por operadores humanos a un conjunto de elementos tecnológicos. La automatización industrial ha efectuado un enorme progreso en las últimas décadas. Elementos de hardware cada día más potentes, la incorporación de nuevas funcionalidades, y el desarrollo de las redes de comunicación industriales, permiten realizar excelentes sistemas de Automatización Industrial en tiempos mínimos.

Según lo anterior explicado Guzmán, E (2018) define automatización como:

“La Automatización Industrial es la aplicación de diferentes tecnologías para controlar y monitorear un proceso, máquina, aparato o dispositivo que por lo regular cumple funciones o tareas repetitivas, haciendo que opere automáticamente, reduciendo al mínimo la intervención humana.”

- **Parte de Mando:** suele ser un autómata programable (tecnología programada), aunque hasta hace bien poco se utilizaban relés electromagnéticos, tarjetas electrónicas o módulos lógicos neumáticos (tecnología cableada). En un sistema de fabricación automatizado el autómata programable está en el centro del sistema. Este debe ser capaz de comunicarse con todos los constituyentes de sistema automatizado.
- **Parte Operativa:** es la parte que actúa directamente sobre la máquina. Son los elementos que hacen que la máquina se mueva y realice la operación deseada. Los elementos que forman la parte operativa son los accionadores de las máquinas como motores, cilindros, compresores y los captadores como fotodiodos, finales de carrera.

2.2.6 Controlador Lógico Programable

Es un dispositivo electrónico que se programa para realizar acciones de control automáticamente, básicamente es un cerebro que activa componentes de maquinarias para ejecutar tareas que pudieran ser muy lentas, imperfectas o peligrosas para el ser humano. Estos dispositivos se usan en la actualidad en todo tipo de aplicaciones industriales, resolviendo requerimientos en control de procesos y secuencias de la maquinaria, dentro del sector industrial y ha penetrado las aplicaciones domésticas y comerciales con mayor auge en la última década. Según Delgado, E (2017) un PLC es lo siguiente:

Los “**PLC**” (**Programable Logic Controllers**), por sus siglas en inglés) son dispositivos electrónicos que puede programar, el proveedor que lo suministra o programadores que laboran en su empresa y personalizará este equipo con funciones automáticas según sus necesidades de control. Un PLC es un cerebro electrónico que acciona a otros componentes de su maquinaria para que ejecuten acciones que pudieran ser peligrosas o muy lentas al hacerlas manualmente.

2.2.6.1 Arquitectura de un PLC

Estos dispositivos tienen una arquitectura de hardware muy parecida a un computador personal, sus componentes básicos son, la fuente de alimentación, unidad de procesamiento central (CPU), módulos de entrada/salida, módulos de memoria y por último la unidad de programación. A continuación, se explicarán más a fondo dichos componentes.

- **Fuente de alimentación**

La principal función de la fuente de alimentación en un controlador, es suministrar la energía eléctrica al CPU y demás tarjetas según sea la configuración del PLC. En los circuitos interiores

de una fuente de alimentación se transforma la tensión alterna de la red de suministro eléctrico a una tensión continua, en niveles que garanticen el funcionamiento correcto del hardware del PLC.

- **Unidad de procesamiento central (CPU)**

Como su nombre lo indica se encarga de interpretar cada una de las instrucciones que tiene programado el PLC, este recibe las ordenes por medio de la consola de programación y el módulo de entradas y las procesa para enviar respuestas al módulo de salidas.

- **Módulos de entrada/salida**

Son las tarjetas electrónicas que proporcionan el vínculo entre la CPU del PLC y los dispositivos de campo del sistema. A través de ellas se origina el intercambio de información, ya sea con la finalidad de adquirir de datos, o para el mando o control de las máquinas presentes en el proceso, donde, los módulos de entrada son los encargados de recibir las señales que proceden de los sensores. La señal puede ser análoga o digital, Las señales analógicas son señales continuas (tensión, intensidad, resistencia) que pueden tomar cualquier valor, entre ciertos límites, y que serán transformados a valores digitales en función de la resolución del módulo en cuestión. Las señales digitales son señales binarias de tipo todo o nada y se utilizan en automática de eventos discretos.

Una vez que el PLC interpreta las órdenes que le llegan desde la CPU, las descodifica y las amplifica para enviarlas a los actuadores. La señal será analógica cuando se vaya a actuar sobre un dispositivo analógico (válvula modulante, un variador de velocidad) y digital pueden ser de 3 tipos, las cuales son, salida a triac (corriente alterna), salida a relé (corriente alterna o continua) o a salida a transistor (corriente continua).

- **Módulos de memoria**

Son dispositivos electrónicos los cuales se pueden conectar en la CPU, destinados a guardar información de manera provisional o permanente. Se cuentan con dos tipos de memorias, volátiles (RAM) y no volátiles (EPROM Y EEPROM), según requieran o no de energía eléctrica para la conservación de la información. Las capacidades de memoria de estos módulos se diseñan para diferentes tamaños, las más típicas son: 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128, 256 Kb, y más.

- **Unidad de programación**

Son denominados también terminales de programación, son el medio de comunicación entre el hombre y la máquina, a través de la escritura y lectura, con estos terminales podemos realizar la modificación, monitoreo, forzado, diagnóstico y la puesta a punto de los programas

guardados en los PLC. Estos aparatos están constituidos por un teclado y un dispositivo de visualización, donde el teclado muestra todos los símbolos (números, letras, instrucciones, entre otros) necesarios para la escritura del programa y otras acciones anteriormente señaladas. El visualizador o pantalla pone a la vista todas las instrucciones programadas o registradas en la memoria.

2.2.7 PLC S7-300

El PLC S7-300 es un controlador lógico programable que ofrece la flexibilidad y capacidad de controlar una gran variedad de dispositivos para las distintas tareas de automatización.

Gracias a su diseño compacto, configuración flexible y amplio juego de instrucciones, el S7-300 es idóneo para controlar una gran variedad de aplicaciones. La CPU incorpora un microprocesador, una fuente de alimentación integrada, así como circuitos de entrada y salida en una carcasa compacta, conformando así un potente PLC.

Una vez cargado el programa en la CPU, ésta contiene la lógica necesaria para vigilar y controlar los dispositivos de la aplicación. La CPU vigila las entradas y cambia el estado de las salidas según la lógica del programa de usuario, que puede incluir lógica booleana, instrucciones de conteo y temporización, funciones matemáticas complejas, así como comunicación con otros dispositivos inteligentes. (Ver figura 4).

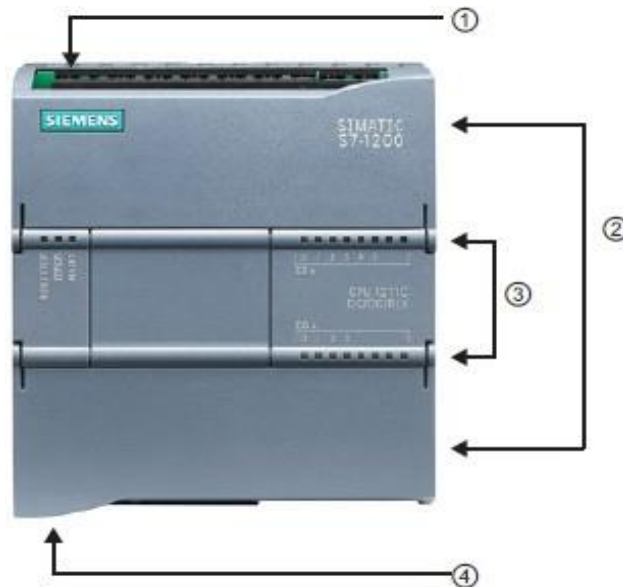


Figura 4. Partes del PLC S7-300

Fuente: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/1335/1/108T0005.pdf>

En la tabla 2 se muestra la descripción de las partes de un PLC S7-300.

Tabla 2. Descripción de la parte de un PLC S7-300

#	Descripción
1.	Connector de Corrientes.
2.	Conectores extraíbles para el cableado de usuario (detrás de las tapas).
2.	Ranura para Memory Card (debajo de la tapa superior).
3.	Leds de estado para las E/S integradas
4.	Conector PROFINET (en el lado inferior de la CPU).

Fuente: Romero, E (2023)

2.2.8 Interfaz de usuario HMI (Interfaz Hombre Maquina)

Por medio de esta se presentan los datos a un operador (humano), y este controla todo el proceso el cual se hace por medio de un ordenador. La interfaz de usuario dispone de dos medios que son (ver figura 5):

- ✓ **Entrada:** que permite al usuario manipular un sistema.
- ✓ **Producto:** el cual reproduce las órdenes que el operario haya asignado al proceso.

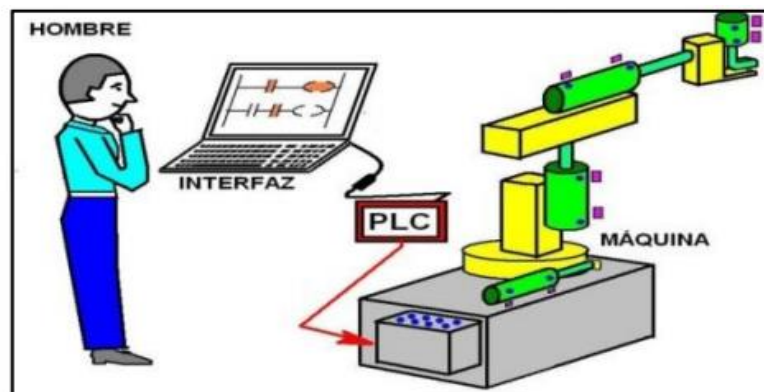


Figura 5. Interfaz Hombre Maquina HMI

Fuente: <http://coparoman.blogspot.com/2013/05/15-medio-de-programacion-de-unrobot.html>

2.2.9 Pantallas HMI

Los sistemas Human Machine Interface (HMI). Es un dispositivo o sistema que permite el interfaz entre la persona y la máquina se están masificando cada vez más a nivel industrial. Esta tendencia se debe principalmente a la necesidad de tener un control más preciso y agudo de las

variables de producción y de contar con información relevante de los distintos procesos en tiempo real.

Clasificación de la gama Simatic HMI Basic Paneles.

- KP300 básica mono.
- KTP400 básica mono.
- KTP600 básica mono.
- KTP600 color básica.
- KTP1000 color básica.

2.2.9.1 Características del HMI

- HMI Basic funcionalidad para el entorno de PROFIBUS o PROFINET.
- Alternativa de bajo precio a los paneles de la serie 170.
- Puede ser utilizado en todo el mundo con 32 idiomas configurables (de las cuales 5 son en línea conmutable).
- Teclas configurables con retroalimentación táctil.
- Funcionalidad HMI básica (sistema de alarmas, gestión de recetas, funcionalidad de curvas de tendencia y cambio de idioma).
- Configuración con SIMATIC WinCC flexible y WinCC 11 BASIC.
- Se puede remplazar o añadir dispositivos de acuerdo al crecimiento del proceso en la industria.
- El cableado y la interconexión es muy baja que sustituyen sistemas cableados estos pueden ser: elementos físicos como botones, interruptores, equipos de relés, lámparas, led, por sistemas compactos.
- Es muy corto el sistema de implementación.

Las características de los HMI mencionado anteriormente se muestran en la tabla 3, se debe realizar una comparación de ciertas características como se realiza a continuación.

En la tabla 3 se realiza la comparación de ciertas características principales de los HMI. Se debe decir que el HMI600 tiene unas características por encima de las otras opciones ya que, en primer lugar, tiene una pantalla de 5.7 pulgadas lo cual permite que las representaciones de las pantallas creadas se vean en un tamaño conveniente y más fácil de manejar para el operador.

En segundo lugar, posee una interfaz Profinet la cual es esencial para poder realizar múltiples conexiones tanto como HMI o interfaces SCADA.

Tabla 3. Tabla de características principales de los HMI

Característica	HMI300	HMI600	HMI1500
Pantalla	3,7 pulgadas	5.7 pulgadas	5.7 pulgadas
Interfaz Profinet	No Disponible	Disponible	Disponible
Panel	Básico	Básico	Avanzado
Wincc	V.11	V.15	V.15
Precio	1200\$	1300\$	5600\$

Fuente: Romero, E (2023)

2.2.10 Software Estándar STEP 7 BASIC

Los lenguajes de programación SIMATIC integrados en STEP 7 cumplen con la norma DIN EN 6.1131-3. El software estándar se ejecuta bajo los sistemas operativos MS Windows 2000 Professional (en adelante llamado Windows 2000) y MS Windows XP Professional (en adelante llamado Windows XP) y MS Windows Server 2003, estando adaptado a su funcionamiento gráfico y orientado a los objetos.

El software estándar le asiste en todas las fases de creación de soluciones de automatización, tales como:

- Crear y gestionar proyectos.
- Configurar y parametrizar el hardware y la comunicación.
- Gestionar símbolos.
- Crear programas.
- Cargar programas en sistemas de destino.
- Comprobar el sistema automatizado.
- Diagnosticar fallos de la instalación

La interface de usuario del software STEP 7 ha sido diseñado siguiendo los criterios ergonómicos más avanzados, lo que permite conocer rápidamente sus funciones. La documentación del software STEP 7 contiene la información completa en la Ayuda en pantalla y en los manuales electrónicos en formato PDF.

Este programa está compuesto por los siguientes elementos:

- **Barra de menús:** Permite ejecutar funciones utilizando el ratón o combinaciones de teclas. El menú Herramientas se puede personalizar agregando aplicaciones propias. Barras de herramientas: Permiten acceder fácilmente con el ratón a las funciones de STEP 7-Micro/WIN 32 utilizadas con frecuencia. El contenido y el aspecto de cada una de las barras de herramientas se pueden personalizar.
- **Barra de navegación:** Incorpora grupos de botones para facilitar la programación: “Ver”: Seleccione esta categoría para visualizar los botones Bloque de programa, Tabla de símbolos, Tabla de estado, Bloque de datos, Bloque de sistema, Referencias cruzadas y Comunicación. "Herramientas": Seleccione esta categoría para visualizar los botones del Asistente de operaciones y del Asistente TD 200.
- **Árbol de operaciones:** Ofrece una vista en árbol de todos los objetos del proyecto y de todas las operaciones disponibles en el editor de programas actual (KOP, FUP o AWL). Para insertar unidades de organización del programa adicionales (UOP), en el área de proyectos del árbol, haga clic con el botón derecho del ratón en la carpeta en cuestión. Asimismo, puede pulsar el botón derecho del ratón en una UOP individual para abrirla, cambiar su nombre, borrarla o editar su hoja de propiedades. Estando en el área de operaciones del árbol, puede hacer clic con el botón derecho del ratón en una carpeta o en una operación individual, con objeto de ocultar el árbol entero. Tras abrir una carpeta de operaciones, puede insertar operaciones en la ventana del editor de programas (sólo en KOP y FUP, no en AWL), haciendo doble clic en la operación en cuestión o utilizando el método de arrastrar y soltar.
- **Tabla de variables locales:** Contiene asignaciones hechas a las variables locales (es decir, a las variables utilizadas por las subrutinas y las rutinas de interrupción). Las variables creadas en la tabla de variables locales utilizan la memoria temporal. El sistema se encarga de gestionar la asignación de direcciones. Las variables locales sólo se pueden utilizar en la unidad de organización del programa (UOP) donde se hayan creado.
- **Editor de programas:** Contiene la tabla de variables locales y la vista del programa correspondiente al editor (KOP, FUP, o AWL) que se esté utilizando en el proyecto actual. En caso necesario, la barra de división se puede arrastrar para ampliar la vista del programa y cubrir la tabla de variables locales. Si se han creado subrutinas o rutinas de interrupción además del programa principal (OB1), aparecerán fichas en el lado inferior de la ventana

del editor de programas. Para desplazarse entre las subrutinas, las rutinas de interrupción y el programa principal (OB1) puede hacer clic en la ficha en cuestión.

2.3 Bases legales

Según expresa Carrero, E. (2019) las bases legales son leyes del país de residencia del investigador, que sustentan legalmente hablando, el desarrollo del proyecto, aunado a esto resalta que las bases legales, son leyes, reglamentos y normas necesarias en algunas investigaciones para su correcto desarrollo y ejecución. En primer lugar, conforme al artículo 110 de la Constitución de la República Bolivariana de Venezuela, se establece: “El Estado reconocerá el interés público de la ciencia, la tecnología, el conocimiento, la innovación y sus aplicaciones y los servicios de información necesarios por ser instrumentos fundamentales para el desarrollo económico, social y político del país, así como para la seguridad y soberanía nacional. El Estado garantizará el cumplimiento de los principios éticos y legales que deben regir las actividades de investigación científica, humanística y tecnológica. La ley determinará los modos y medios para dar cumplimiento a esta garantía.”

2.3.1 COVENIN

COVENIN corresponde al acrónimo de la Comisión Venezolana de Normas Industriales, como se conoció desde 1958 hasta 2004 al ente encargado de velar por la estandarización y normalización bajo lineamientos de calidad en Venezuela.

COVENIN estableció los requisitos mínimos para la elaboración de procedimientos, materiales, productos, actividades y demás aspectos que estas normas rigen. En esta comisión participaron entes gubernamentales y no gubernamentales especialistas en un área.

2.3.1.1 Norma 2260-80 Programa de higiene y seguridad industrial

El diseñar proyectos donde estén envueltos equipos electrónicos, ha de asegurarse la confiabilidad de los mismos, y de sus componentes; de ahí que la norma 2260-88 programa de higiene y seguridad industrial aspectos generales de la Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN), establezca dentro de sus líneas algunos conceptos pertinentes a la confiabilidad de equipos electrónicos y de sus componentes.

Apartado 4.5.- Ingeniería. El empleador deberá velar por la participación conjunta del diseñador o proyectista, el constructor y el órgano de seguridad laboral de la empresa para considerar, entre otros, los aspectos siguientes:

- 4.5.1.- Aplicación de normas de diseños de seguridad a nuevos proyectos e instalaciones existentes.
- 4.5.2.- Metodología de construcción y normas de seguridad aplicables a trabajos específicos de mantenimiento.
- 4.5.3.- Evaluación de la confiabilidad de los equipos.

Apartado 4.6.- Inspecciones de seguridad industrial.

- 4.6.1.- Se deberá establecer un sistema de inspección acorde con la dimensión y diversificación de actividades para detectar condiciones y/o actos inseguros.
 - a) Inspecciones periódicas, programas en intervalos regulares con el objeto de efectuar una revisión sistemática y eficiente de una instalación completa, de una operación específica o de un equipo.
 - b) Inspecciones intermitentes diseñadas para efectuarse sin previo aviso, a intervalos irregulares para detectar cumplimiento continuo de reglas, normas y procedimientos.
 - c) Inspecciones especiales preventivas y predictivas para detección y predicción de fallas en equipos que pudieran causar accidentes.
 - d) Implantación de procedimientos para el otorgamiento de permisología para trabajos de alto riesgo.

Apartado 4.9.- Equipos de protección personal. Cuando la naturaleza del riesgo sea tal que no se pueda eliminar en su fuente de origen, el trabajador deberá usar ropa, equipo o dispositivos de protección personal de acuerdo al riesgo ocupacional, según se establece la Norma Venezolana de COVENIN 2237.

2.4 Definición de términos básicos

Coextrusión: proceso de extrusión de 2 o más materiales.

Controladores: Dispositivos electrónicos con fin de lograr que una máquina o dispositivo funcione mediante mandos.

Error: es la diferencia entre la señal de referencia y la señal de salida real.

Interfaz: Es el mecanismo o herramienta que posibilita esta comunicación mediante la representación de un conjunto de objetos, iconos y elementos gráficos que vienen a funcionar como metáforas o símbolos de las acciones o tareas que el usuario puede realizar en la computadora.

Planta: es el elemento físico que se desea controlar y puede ser: un motor, un horno, un sistema de disparo, un tanque de combustible.

PC: solo envía y/o recibe señales digitales.

PLC: computador lógico programable.

Proceso: operación que conduce a un resultado determinado

Programación: la programación refiere a la acción de crear programas o aplicaciones, a través del desarrollo de un código fuente, el cual se basa en el conjunto de instrucciones que sigue el ordenador para ejecutar un programa.

Transmisor: es en conjunto un sensor que convierte el valor de una magnitud física, en una señal eléctrica normalizada sea esta digital o análoga; y un circuito de acondicionamiento que permite su manejo.

Sensor: es un dispositivo que convierte el valor de una magnitud física (presión, flujo, temperatura) en una señal eléctrica codificada ya sea en forma analógica o digital. También es llamado transductor.

Señal análoga: es la señal continua en el tiempo.

Señal digital: es una señal que solo toma valores de 0 y 1

Señal de control: es la señal que produce el controlador para modificar la variable controlada de tal forma que se disminuya o elimine el error.

Señal de referencia: es el valor que se desea alcanzar la señal de salida.

Señal de salida: es la variable que se desea controlar (posición, velocidad, presión, nivel etc.).

Sistema: conjunto de cosas ordenadas y relacionadas entre sí. Método o grupo de órganos que regulan una función.

Software: está compuesto por un conjunto de programas que son diseñados para cumplir una determinada función dentro de un sistema, ya sean estos realizados por parte de los usuarios o por las mismas corporaciones dedicadas a la informática.

CAPÍTULO III MARCO METODOLÓGICO

El marco metodológico de la investigación se puede definir como la explicación de los mecanismos que se utilizan para analizar la problemática que se presente en una investigación. Arias, F. (2012), según el marco metodológico expresa que: “La metodología del proyecto incluye el tipo o tipos de investigación, las técnicas y los instrumentos que serán utilizados para llevar a cabo la indagación. Es el “cómo” se realizará el estudio para responder al problema planteado.” (pág. 110).

3.1 Tipo de investigación

La naturaleza propia del proyecto, hace que la investigación entre en la clasificación de proyecto factible, puesto que se desarrollará un plan de trabajo para el diseño de la automatización del bobinador interno y externo para el corte automático de una máquina Coextrusora de plástico en la empresa Plásticos de Empaque C.A y que este sea un diseño efectivo para que de esta manera se puedan realizar los cortes de las bobinas de plástico de manera automática sin generar desperdicio por orden de producción, este diseño sería de gran ayuda ya que la empresa tendrán un proceso más eficiente, eficaz y seguro, aparte de generar más rentabilidad para la empresa. Basado en lo anteriormente descrito Mijares y García (2007) definen como proyecto factible a:

“... la investigación elaboración y desarrollo de una propuesta de un modelo operativo viable para solucionar problemas, requerimientos o necesidades de organización o grupos sociales; puede referirse a la formulación de políticas, programas tecnologías, métodos o procesos. El proyecto factible debe tener apoyo en una investigación de tipo documental, de campo o un diseño que incluya ambas modalidades...” (p5).

3.2 Diseño de la Investigación

El diseño de la investigación es el conjunto de directrices que toma el investigador con el fin de observar, analizar y plantear una solución de ser posible a la problemática objeto de la investigación. Según el autor Palella y Martins (2010), define:

“El diseño experimental es aquel según el cual el investigador manipula una variable experimental no comprobada, bajo condiciones estrictamente controladas. Su objetivo es describir de qué modo y porque causa se produce o puede producirse un fenómeno. Busca predecir el futuro, elaborar pronósticos que una vez confirmados, se convierten en leyes y generalizaciones tendentes a incrementar el cúmulo de conocimientos pedagógicos y el mejoramiento de la acción educativa”. (pag.86).

Según el autor Palella y Martins (2010), define: La Investigación de campo consiste en la recolección de datos directamente de la realidad donde ocurren los hechos, sin manipular o controlar las variables. Estudia los fenómenos sociales en su ambiente natural. El investigador no manipula variables debido a que esto hace perder el ambiente de naturalidad en el cual se manifiesta. (pag.88)

3.3 Nivel de la Investigación

El nivel de investigación se refiere según Arias:(2012) “al grado de profundidad con que se aborda un objeto o fenómeno” (p.47). Así pues, el nivel de investigación establece hasta qué punto se llevará a cabo el estudio del tema o problema planteado. Tomando en cuenta el tipo de investigación, se conocerá el nivel en el cual se basa todo el estudio. También el nivel permite saber qué factores tienen que intervenir para el desarrollo de toda la investigación. Tomando en cuenta lo anteriormente expuesto, el nivel de investigación que se emplea es descriptiva definido por Hurtado de B. (2010), como:

“Los estudios descriptivos miden de forma independiente las variables, y aun cuando no se formulan hipótesis, las primeras aparecerán enunciadas en los objetivos de investigación” (p.223).

Lo mencionado por Hurtado, se aplica a todas las investigaciones que conllevan a diseños dirigidos a cubrir necesidades y que están basados en conocimientos anteriores.

3.4 Población y Muestra

La población es todo individuo de características considerables en las estadísticas de una investigación. Arias, F. (2012), realiza la siguiente definición:

“La población, o en términos más precisos población objetivo, es un conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación. Ésta queda delimitada por el problema y por los objetivos del estudio.” (pág. 81).

La muestra es todo aquel subconjunto considerado en una determinada población, a la cual se aplicará la posterior técnica de recolección de datos. Según Arias, F. (2012), expresa que: “La muestra es un subconjunto representativo y finito que se extrae de la población accesible”. (pág. 83).

En la empresa Plásticos de Empaques C.A contiene 7 máquinas Coextrusoras de plástico, por lo que esto conlleva a la población de este trabajo de grado.

Es por esto, que para la muestra de este trabajo de grado se tomara una máquina Coextrusora siendo esta el número 7 modelo 55528.

3.5 Técnicas e Instrumentos de recolección de datos

3.5.1. Técnicas de recolección de datos

Los instrumentos de investigación son parte fundamental de la misma ya que son los medios por los cuales el investigador puede recolectar datos sobre la problemática en la que está trabajando, teniendo esto en cuenta Sabino (1992) lo define como:

“Un instrumento de recolección de datos es en principio cualquier recurso de que pueda valerse el investigador para acercarse a los fenómenos y extraer de ellos información. De este modo el instrumento sintetiza en si toda la labor previa de la investigación, resume los aportes del marco teórico al seleccionar datos que corresponden a los indicadores y, por lo tanto, a las variables o conceptos utilizados” (p.149,150).

Y por técnica se va a anotar la definición que nos da el diccionario de metodología anteriormente citado, el cual establece que las técnicas de investigación son: “Conjunto de mecanismos, medios y sistemas de dirigir, recolectar, conservar, reelaborar y transmitir los datos sobre estos conceptos” (p.150).

3.5.2 Técnicas empleadas

3.5.2.1 Revisión bibliográfica

La revisión bibliográfica se ha definido como “la operación documental de recuperar un conjunto de documentos o referencias bibliográficas que se publican en el mundo sobre un tema, un autor, una publicación o un trabajo específico. Es una actividad de carácter retrospectivo que nos aporta información acotada a un periodo determinado de tiempo. Hurtado (2010) define la revisión bibliográfica como

“la selección de los documentos disponibles sobre el tema, que contienen información, ideas, datos y evidencias por escrito sobre un punto de vista en particular para cumplir ciertos objetivos o expresar determinadas opiniones sobre la naturaleza del tema y la forma en que se va a investigar, así como la evaluación eficaz de estos documentos en relación con la investigación que se propone”.

3.5.2.2 Revisión documental

La revisión documental es hacer una recopilación de información sobre textos e investigaciones generados por otros investigadores que tienen relación directa o indirecta con la problemática que es razón de estudio. Hurtado (2010) define este concepto como:

“... es una técnica en la cual se recurre a información escrita, ya sea bajo la toma de datos que pueden haber sido producto de mediciones hechas por otros como texto en sí mismo constituyen los eventos de estudio” (p.427).

3.5.2.2 Observación directa

La observación directa es el proceso en el cual el investigador recolecta datos directamente desde el medio ambiente del fenómeno a estudiar, por otro lado, Hurtado (2010) la define como: "... un proceso de atención, recopilación, selección y registro de información para el cual el investigador se apoya en sus sentidos" (p.459).

3.5.3 Instrumentos empleados

3.5.2.1 Instrumento de registro

Permite poseer un soporte de la información en periodos de tiempo relativamente largos de modo que el investigador pueda recuperar la información cuando lo necesite.

3.5.3.2 Instrumento de observación técnicamente asistida

Principalmente se contará con el empleo de algún dispositivo de medición de variables físicas de interés presentes en la realización de todas las experiencias que tenga el investigador con el fenómeno a estudiar.

3.5.3.3 Guion de Entrevista

Arias (2006) señala como “Guion de entrevista, más que un simple interrogatorio, es una técnica basada en un diálogo o conversación “cara a cara”, entre el entrevistador y el entrevistado acerca de un tema previamente determinado, de tal manera que el entrevistador pueda obtener la información requerida.”

Uno de los tipos de entrevistas es:

- Entrevista estructurada, la cual Arias (2006) la describe como “la que se realiza a partir de una guía prediseñada que contiene las preguntas que serán formuladas al entrevistado.”. Mediante esta técnica, apoyados de un instrumento de recolección de datos se aplicará una entrevista estructurada a los empleados de la empresa Plásticos de Empaques C.A.

Realizando en esta entrevista podemos diagnosticar el estado actual que se encuentra la Coextrusora #7 55528 para el proceso del corte automático, la cual es determinante para la fase 1 de este proyecto de grado, por otro lado, es importante la opinión de los operadores líderes acerca del proceso ya que ellos se encuentran más involucrados con la operatividad de la máquina.

Cuadro 1. Entrevista N°1

1) ¿En su opinión, considera usted que el corte automático de los bobinadores es indispensable para un proceso eficiente?
2) ¿Considera usted que el corte manual de los bobinadores es un proceso que puede afectar la producción?
3) Desde su experiencia, podría usted describir la importancia que los bobinadores estén operativos con corte automático
4) Desde su experiencia en el ramo industrial, podría describir usted la situación actual que se presenta en los cortes en los bobinadores de la empresa
5) Desde su experiencia en la industria puede describir, que el no tener corte en modo automático es un riesgo de seguridad laboral
6) En su opinión estaría dispuesto a pertenecer a un curso donde den las instrucciones para poder realizar el corte en modo automático en caso de que este se encuentre operativo.
7) En su opinión, ¿considera usted que bajar el desperdicio en la orden de producción generaría algún beneficio para su trabajo?

Fuente: Romero, E (2023)

3.7 Validación del Instrumento

Para que se hable de que el instrumento es idóneo, y que se pueda utilizar con toda la confianza se requiere que cumpla con dos requisitos: confiabilidad y validez” González (2008).

Según Hernández (2003). “La validez, en términos generales, se refiere al grado en que un instrumento realmente mide la variable que pretende medir. Por ejemplo, un instrumento para medir la inteligencia válido, debe medir la inteligencia y no la memoria. Una prueba sobre conocimientos de Historia debe medir esto y no conocimientos de literatura histórica.

Aparentemente es sencillo lograr la validez... Sin embargo, la situación no es tan simple cuando se trata de variables como la motivación, de la calidad de servicio a los clientes, la actitud hacia un candidato político y menos aún con sentimientos y emociones, así como diversas variables con las que trabajamos en ciencias sociales. La validez es una cuestión más compleja que debe alcanzarse en todo instrumento de medición que se aplica.”. En este trabajo de grado en los anexos A, B, C y D se hace referencia a la validación del instrumento escogida.

El presente trabajo de investigación contiene un guion de entrevista estructurada validada y aprobada por un experto en el área de la ingeniería electrónica. La validación del documento emitido se puede observar en la Anexo D.

3.8 Fases de la Investigación

Fase I: “Diagnóstico la situación actual del proceso de corte de una película de plástico en las máquinas Coextrusoras.”

Se realizará el diagnóstico de la situación actual de la empresa Plásticos de Empaques C.A, mediante el uso de herramientas de recolección de datos para el establecimiento del funcionamiento las máquinas Coextrusoras, así como el proceso de corte de la película de plástico.

Actividades:

- Observación directa.
- Aplicación técnicas e instrumentos de recolección de datos
- Análisis los resultados

Fase II: “Determinación de las variables del proceso del corte automático para una película de plástico en las máquinas Coextrusoras”.

Después de haber diagnosticado la situación actual del proceso de corte automático de la empresa, se realizará una lista de variables en la cual se determinarán cuál de ellas son las más importantes para realizar un proceso óptimo, y así poder analizar todos datos obtenidos con el fin de determinar las variables del proceso y sus interacciones.

Actividades:

- Determinar variables de proceso.
- Determinar los tiempos reales para la automatización del proceso.
- Determinar los equipos a utilizar para el desarrollo de la propuesta planteada a la empresa.

Fase III: “Diseño de la automatización del bobinador interno y externo para el corte automático de una máquina Coextrusora de plástico.”

En esta fase mediante la información obtenida, se realizará el diseño para el proceso de la automatización del diseño de la automatización del bobinador interno y externo para el corte automático de una máquina Coextrusora de plástico en la empresa Plásticos de Empaque C.A, en la cual se realizará un programa basado en el lenguaje escalera, mediante el software STEP 7.

Actividades:

- Diseño del programa en lenguaje escalera.
- Diseño y simulación del programa en el software STEP 7.

Fase IV: “Realización de un estudio de factibilidad operativa, técnica, social y económica para la automatización del bobinador interno y externo para el corte automático de una máquina Coextrusora de plástico”.

Actividades:

- Se evaluará la factibilidad económica, técnica, social y operativa sobre el diseño a utilizar para que sea posible su implementación y desarrollo a futuro.

CAPÍTULO IV RESULTADOS

Basado en esto se presentan a continuación el desarrollo de las fases establecidas en el actual trabajo de investigación, con el fin de dar cumplimiento a los objetivos específicos presentados inicialmente, y así suministrar una solución al problema que acontece dentro de la empresa Plásticos de Empaque C.A.

4.1. Fase I: Diagnóstico la situación actual del proceso de corte de una película de plástico en las máquinas Coextrusoras

4.1.1 Revisión documental

Las máquinas Coextrusoras de plástico marca Windmoller & Holscher es una instalación de extrusión de películas con un bobinador de rollos de película. Está diseñada para la fabricación de películas multicapa flexibles de poliolefinas. La máquina es adecuada para el procesamiento de las siguientes materias primas:

- Polipropileno (PP) como mezcla (mezclado con PE).
- Polietileno (PE).

Para la fabricación de láminas se emplean extrusoras de un husillo. Tienen como tarea transportar la materia prima entregada en forma de granulado (polímeros termoplásticos), plastificarlos y homogeneizarlos. Las extrusoras empujan el plástico fundido bajo altas presiones en la herramienta de extrusión (cabezal soplador) para la formación de la lámina.

El flujo de masa fundida debe satisfacer los requisitos siguientes:

- Libertad de pulsación
- Temperatura de material y de masa conforme al proceso
- Paso elevado con contrapresión de herramienta determinada
- Homogeneidad térmica y material
- Exento de impurezas

La fundición de la materia prima (componentes principales y secundarios) se lleva a cabo en la unidad de plastificado de la extrusora que consiste de tubo cilíndrico y tornillo de transporte de material. El granulado de plástico es llevado al tornillo de transporte por medio de la abertura de relleno en la tolva. El sinfín de transporte está optimizado para el granulado a procesar y provisto de zonas de mezcla y de homogeneización especiales.

Durante el transporte de materia prima el tornillo en el tubo cilíndrico produce la fundición (plastificación) de la materia prima, la mezcla de los materiales aditivos, así como la homogeneización de la mezcla de plástico. Para este fin, el sinfín está dividido en varias zonas funcionales de distinta longitud:

- Sector de entrada
- Zona de plastificación
- Sector de cizalla o de barrera
- Sector de expulsión
- Zona de mezcla

El cilindro extrusor está dividido en varias zonas de calefacción (3 a 6 zonas, según el tamaño de extrusora), en las que la temperatura es mantenida constante por reguladores individuales según un programa de temperatura dependiente del material. El calentamiento se realiza a través de elementos de calentamiento eléctricos, la refrigeración a través de ventiladores de aire refrigerante. El cilindro es templado de modo que el perfil de temperatura aumente en el sentido de flujo. Según la aplicación de la extrusora y de la materia prima a plastificar existen sinfines de extrusora con una pieza de barrera o una pieza de cizalla.

- .

Para culminar el proceso de recolección de datos en la presente fase para este proyecto de trabajo de grado se estará realizando la propuesta de automatización en la máquina Coextrusora 7, y esta misma puede ser funcional para la máquina 5 y 6, ya que las máquinas son del mismo modelo en cuanto al bobinador, es por esto que a continuación describiremos la máquina Coextrusora 7 marca Windmoller & Holscher modelo Optimex, en lo cual la máquina se divide de la siguiente manera:

Tabla 4. Descripción de la máquina Coextrusora

(1)	Transportador de succión	(6)	Aparato de medición de espesor
(2)	Sistema de dosificación	(7)	Sistema de tiro
(3)	Extrusora	(8)	Avance de película
(4)	Cabezal soplador	(9)	Bobinador
(5)	Cesta de calibración	(10)	Pupitre de mando

Fuente: Romero, E (2023)

En la siguiente figura podemos observar la máquina Coextrusora.

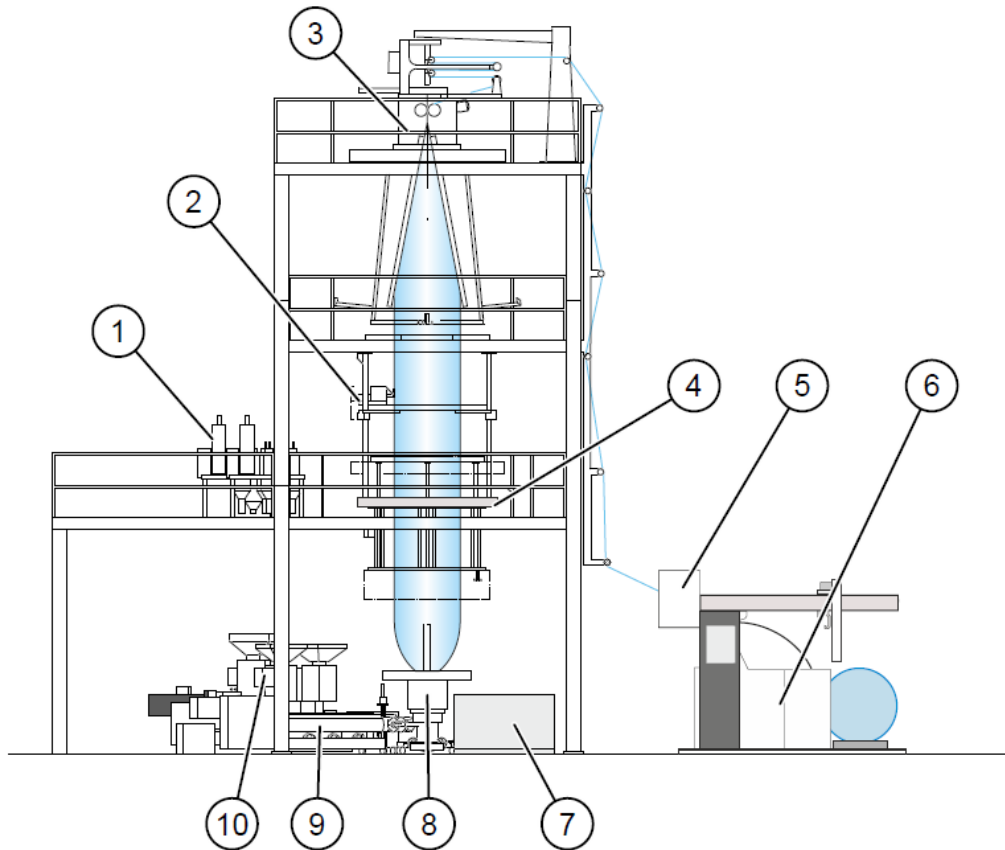


Figura 6. Descripción de la máquina Coextrusora

Fuente: Manual de instrucciones original Optimex 55528

La máquina Coextrusora trabaja con una instalación de soplado de película, que usa aire de refrigeración para producir una película multicapa en formato tubular. Las corrientes de masa fundida procedentes de las extrusoras confluyen en varias capas en el cabezal soplador y se hacen pasar a alta presión a través de la ranura anular de la tobera de dicho cabezal. La refrigeración y el soplado con aire de refrigeración dan lugar a una película tubular flexible que se retira y aplanan mediante el sistema de tiro. El avance de película transporta la película tubular aplanada hasta el bobinador. En el puesto de bobinado, la película tubular aplanada se bobina hasta formar una bobina de película. Según la tabla 4 la máquina Coextrusora se divide en 10 componentes elementales que se describirán a continuación:

- 1) **Transportador de succión:** el transportador de succión succiona el granulado de los recipientes de reserva de materias primas y lo traslada al sistema de dosificación. Si el control automático de nivel indica que requiere más consumo, el sistema de transporte por

succión succiona el granulado a través tubos y lo lleva a las estaciones de transporte. Cuando ya haya la suficiente cantidad en la estación de transporte, se abre la válvula de salida y el granulado es dirigido a través de tubos a la tolva de almacenamiento. El granulado queda almacenado entretanto en las tolvas de almacenamiento hasta que sea transferido al sistema de dosificación. (Ver figura 7)

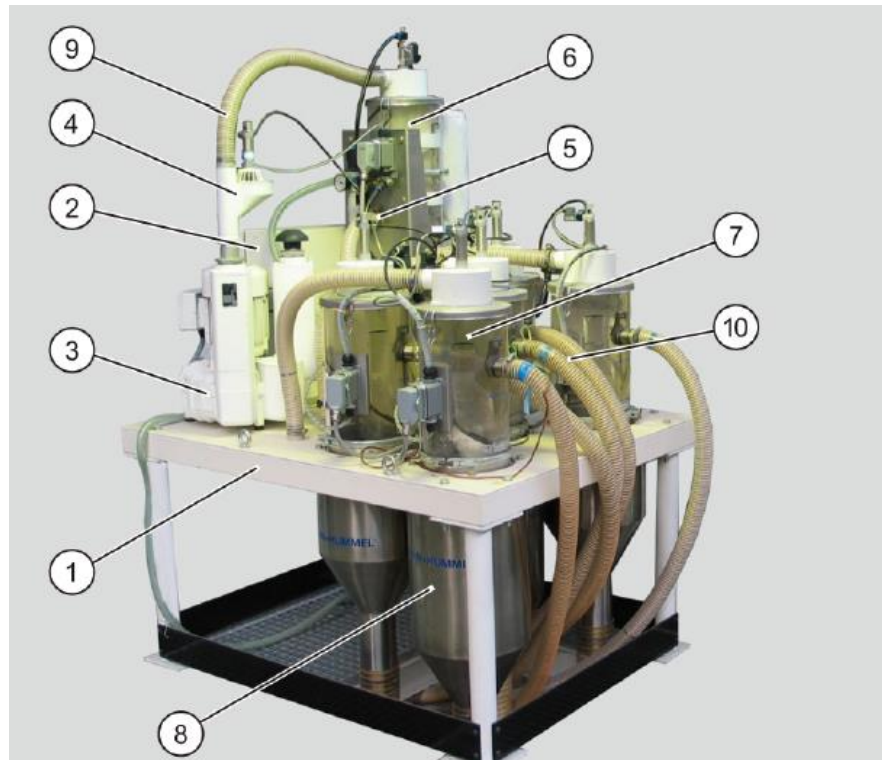


Figura 7. Transportador de succión.

Fuente: Manual de instrucciones original Optimex 55528

- 2) Sistema de dosificación:** el sistema de dosificación garantiza un grosor de película constante gracias al registro permanente del peso y al cálculo de las cantidades de granulado necesarias en función de la velocidad de la instalación. Mediante la regulación de las revoluciones del tornillo sinfín de la extrusora, basadas en los datos de receta, se mantiene constante el peso por metro lineal de la película. El granulado se conduce desde las tolvas de reserva de la instalación de transporte por succión al sistema de dosificación. En el sistema de dosificación, cada componente se pesa en las distintas tolvas de pesaje. Inmediatamente antes de la entrada en la extrusora, el granulado se transporta a la cámara

de mezcla a través de tornillos sinfín. En la cámara de mezcla se mezclan todos los componentes. (Ver figura8).

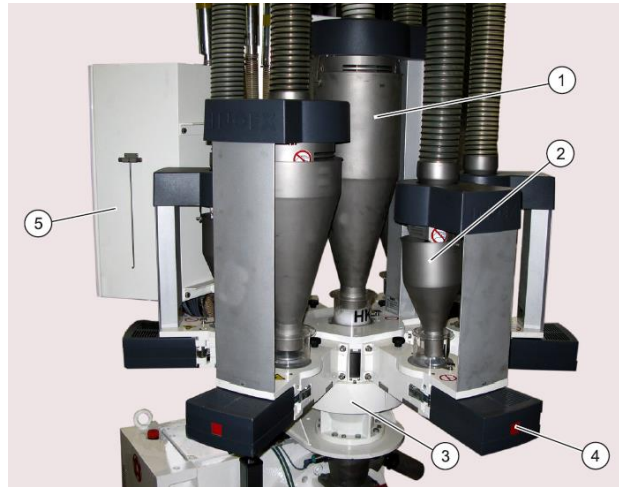


Figura 8. Sistema de dosificación.

Fuente: Manual de instrucciones original Optimex 55528

- 3) **Extrusora:** está compuesta principalmente por los siguientes componentes: Accionamiento principal, consistente en un accionamiento directo con motor trifásico asíncrono, reducción mediante una o varias etapas de engranajes cilíndricos rectos, cojinete de presión axial integrado en la caja de engranajes, lubricación por inmersión para el abastecimiento de aceite de las ruedas dentadas y rodamientos con aceite para engranajes, refrigeración del aceite mediante placas refrigerantes instaladas en el lateral.

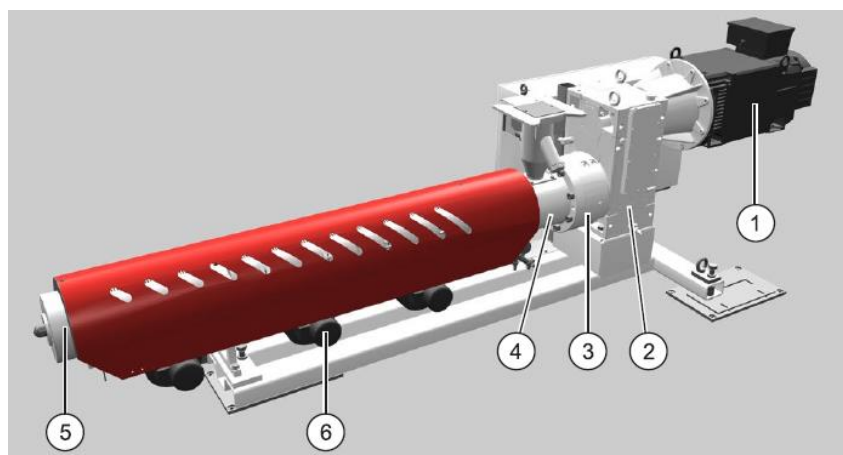


Figura 9. Extrusora

Fuente: Manual de instrucciones original Optimex 55528

- 4) **Cabezal soplador:** el cabezal soplador multicapa convierte los flujos de masa fundida provenientes de las extrusoras en una lámina compuesta por varias capas. (Ver figura 10)

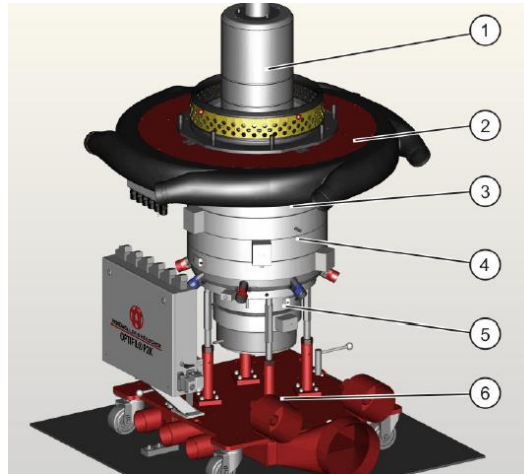


Figura 10. Cabezal Soplador

Fuente: Manual de instrucciones original Optimex 55528

- 5) **Cesta de calibración:** La película tubular recorre la cesta de calibración en sentido vertical desde abajo hacia arriba y es cercada y apoyada por varios portadores con segmentos de guía. Los segmentos de guía fijados a los brazos de elevación están compuestos por múltiples rodillos de teflón de pequeño tamaño o por rodillos de plástico reforzado con fibras de carbono. (Ver figura 11).

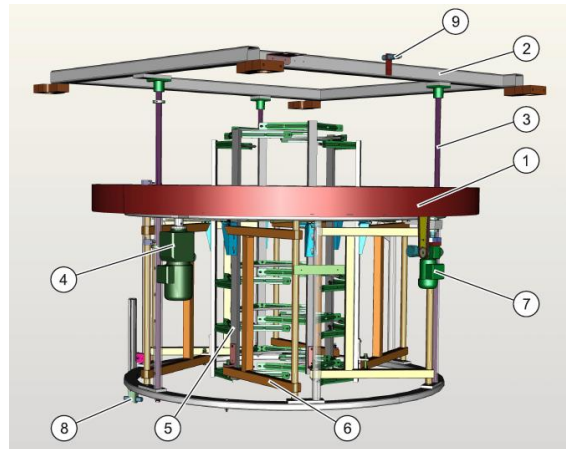


Figura 11. Cesta de calibración

Fuente: Manual de instrucciones original Optimex 55528

- 6) **Aparato medición de espesor:** el dispositivo reversible de medición de espesores sirve para la medición del peso (el espesor) de la superficie de una burbuja de película tubular. A través de un sensor capacitivo situado en el cabezal de medición se realiza el registro

permanente del perfil transversal y las magnitudes derivadas de ello. Para un funcionamiento impecable, debe tocarse uniformemente la película como material no conductor. El sensor funciona con el campo de dispersión de un condensador. La película que pasa por él modifica la intensidad de campo según su espesor. Dicha modificación se evalúa y se convierte en un valor de medición de espesor. El cabezal de medición está provisto de un revestimiento especial. (Ver figura 12).

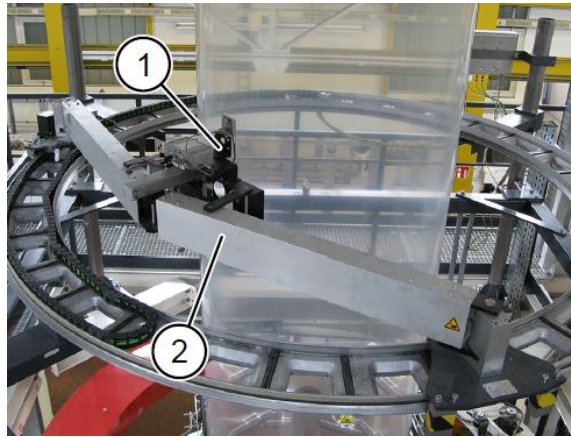


Figura 12.Cesta de calibración

Fuente: Manual de instrucciones original Optimex 55528

- 7) **Sistema de tiro:** consta de una unidad de estirado y un dispositivo de aplanado. La película tubular es retirada del cabezal soplador y se reúne formando una banda de película (se aplanan). Para ello, el sistema de tiro en su conjunto gira periódicamente en torno al eje central de la película tubular a uno y otro lado (reversión) a fin de distribuir los eventuales puntos gruesos a lo largo de toda la anchura de bobinado. (Ver figura 13).

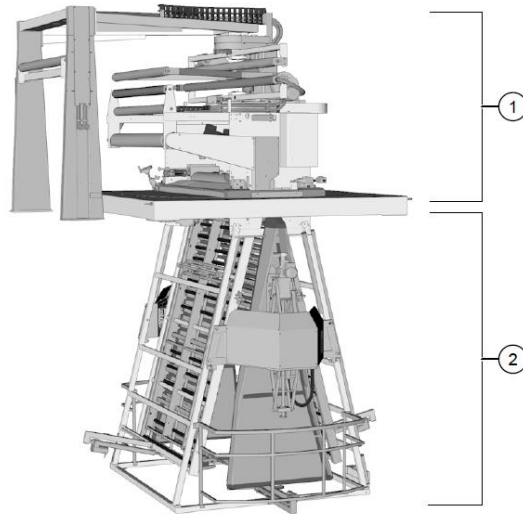


Figura 13. Sistema de tiro

Fuente: Manual de instrucciones original Optimex 55528

- 8) **Avance:** los dos rodillos refrigeradores que son refrigerados con agua y accionados, junto con el rodillo de apriete de goma orientable neumáticamente, tiran del tubo de lámina desde la planta extrusora introduciéndolo en el bobinador. La fricción de abrazamiento entre la banda de lámina y los rodillos refrigeradores accionados permite un transporte interior uniforme del tubo de lámina.

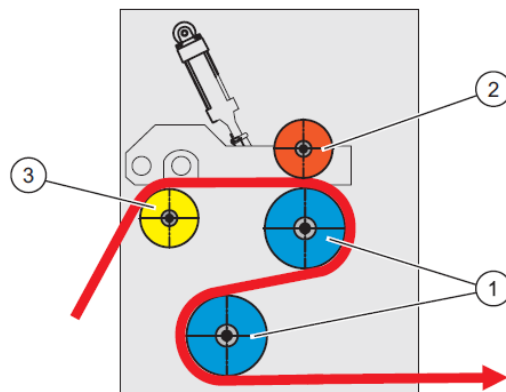


Figura 14. Avance

Fuente: Manual de instrucciones original Optimex 55528

9) Bobinador

El bobinador de la coextrusora #7 es modelo doble Filmatic, el cual es un bobinador de lámina con avance por rodillos refrigerados que, al abandonar la tracción de lámina, esta se enrolla y para esto hay dos posibilidades:

1. La manga de lámina aplanada se enrolla con un monobobinador.

2. La manga de lámina aplanada se divide por ambos lados en dos bandas planas de película en el avance por rodillos refrigeradores mediante dispositivos de recorte de bordes o de ranurado lateral. Las bandas planas de película son conducidas por separado a los dos puestos de bobinado de un bobinador doble y se enrollan.

Dependiendo de la configuración del bobinador, existen las siguientes posibilidades de enrollado:

- Bobinado de contacto
- Bobinado de contacto central
- Bobinado de separación

Mediante el avance por rodillos refrigerantes intercalado se elimina el calor residual de la banda de lámina.

Este bobinador doble posee los siguientes datos técnicos:

Modelo Bobinador: doble Filmatic

Tabla 5. Datos técnicos de una máquina Coextrusora modelo Windmoller & Holscher

Anchura de trabajo	mm	1800
Cabezal Soplador A: Ancho de película máx. min.	mm	2160 1140
Cabezal Soplador B: Ancho de película máx. min.	mm	1530 800
Velocidad máxima de instalación	m/min	150
Capacidad de máxima fundida máxima instalada	Kg/h	865
Extrusora		60/90/60.30D
Diámetro de tobera A B	mm	300 180
Consumo de potencia estimado durante la producción	Kva	247
Caudal de Aire Comprimido	Nm ³ /h	20,7

Fuente: Romero, E (2023)

- Descripción del bobinador (Ver figura 15).
 1. Estación de bobinado A
 2. Estación de bobinado B
 3. Avance de rodillo refrigerador



Figura 15. Bobinador doble Filmatic

Fuente: Fuente: Manual de instrucciones original Optimex 55528

El bobinador en general posee los siguientes aspectos generales es importante la descripción del bobinador ya que este trabajo de grado se centra en la automatización del corte el cual es una de las funciones principales de este bobinador.

Partes del bobinador doble Filmatic (ver figura 16):

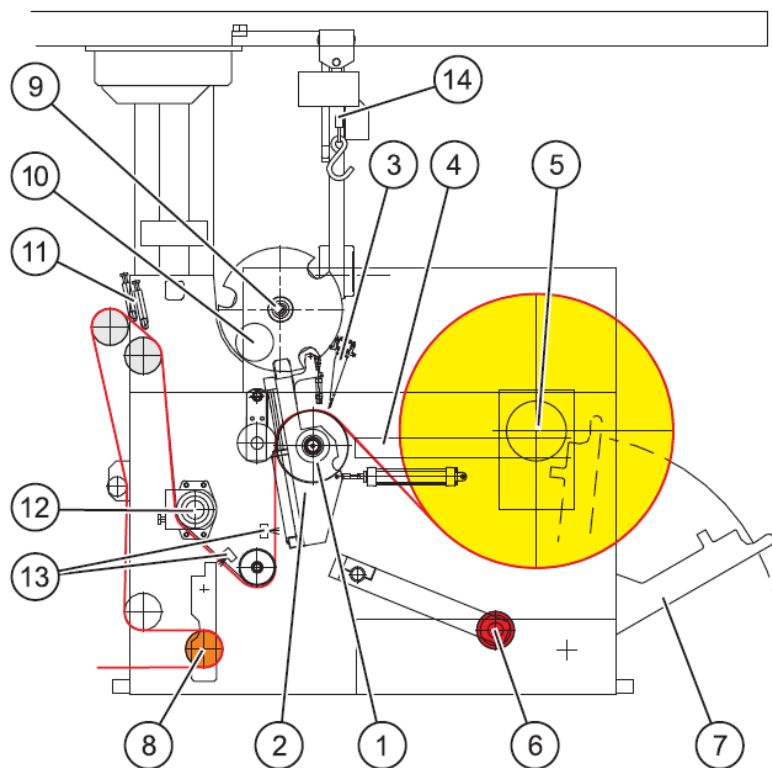


Figura 16. Partes del bobinador doble Filmatic
Fuente: Manual de instrucciones original Optimex 55528

Tabla 6. Descripción del bobinador

(1)	Rodillo de contacto	(2)	Sistema de cambio de rodillos
(3)	Mecanismo transversal de separación con cuchilla percutora.	(4)	Guía paralela de ejes bobinado
(5)	Accionamiento central	(6)	Accionamiento de bobinado auxiliar
(7)	Brazos de deposición	(8)	Dispositivo de control de la tensión de banda.
(9)	Dispositivo colocador del eje de bobinado	(10)	Acelerador de ejes bobinado
(11)	Dispositivo de corte longitudinal	(12)	Rodillo ensanchador tipo banana
(13)	Electrodo de carga y descarga	(14)	Equipo elevador

Fuente: Romero, E (2023)

A continuación, se estarán describiendo las partes del bobinador más importantes para el fin de este trabajo de grado el cual es la automatización del corte automático del bobinador.

- a) **Sistema de cambio de rodillos:** En la posición de toma, el eje de bobinado o bien es tomado del cargador de tambor o bien es colocado directamente por el operador de la

máquina en la horquilla de toma del sistema de cambio de rodillos (Ver figura 17 -1) y bloqueado. En el comienzo del cambio de rodillo, el eje de bobinado es presionado por medios neumáticos sobre el rodillo de contacto con la banda de lámina. El rodillo de desviación pivota por debajo de la banda de lámina y la levanta de la superficie del rodillo de contacto. En la posición de bobinado inicial se realizarán el corte y el bobinado inicial de la banda de lámina. Una vez realizado el corte, el sistema de cambio de rodillos gira con el nuevo rollo de lámina a la posición de entrega y coloca el mismo sobre los carriles portadores de la guía paralela.



Figura 17. Sistema de cambio de rodillos
Fuente: Manual de instrucciones original Optimex 55528

El sistema de cambio de rodillo posee elementos fundamentales para el cambio de rollo el cual son trinquetes, carriles portadores y brazo de deposición.

La secuencia para el bobinado de contactos que realiza es que mueve la bobina por los soportes desplazables de forma sincronizada por ambos lados (ver figura 18 - 1) lo cual toman el eje de bobinado con el rollo de lámina y lo desplazan sobre rieles de soporte (ver figura 18 - 2) según el incremento del diámetro de la bobina paralelamente hacia el rodillo de contacto y en dirección a los brazos de deposición (ver figura 18 - 3). Unos cilindros lineales neumáticos desplazan el rollo de lámina. Un freno electromagnético frena la bobina de película y la sujeta en su posición. El bobinador de lámina regresa automáticamente al modo de funcionamiento 'Bobinado central'. La tensión de banda aplasta la bobina de lámina ligeramente contra el rodillo de contacto. De esa manera se puede bobinar láminas sensibles con mucho cuidado. Durante el cambio de rodillo, el rollo de película se alejará del rodillo de contacto. Un freno electromagnético sujeta el rollo de película en esta posición.

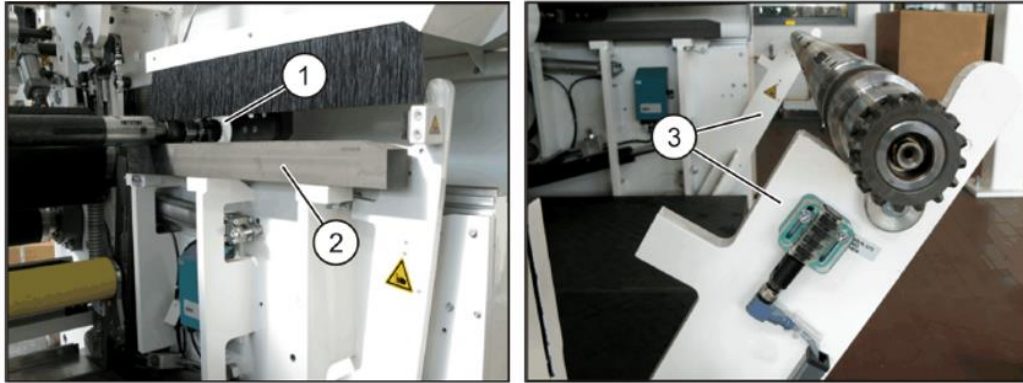


Figura 18. Partes del sistema de cambio de rodillo
Fuente: Manual de instrucciones original Optimex 55528

- b) **Rodillo ensanchador tipo banana:** Los rodillos ensanchadores se encargan durante el proceso de producción de eliminar los pliegues de la lámina en la máquina. El rodillo ensanchador tipo banana en la estación de bobinado es un rodillo ensanchador con accionamiento que puede ser ajustado en cuanto a su curvatura y a su altura. El efecto ensanchador es realizado a través de la forma curvada del rodillo en relación con el abrazamiento. El efecto ensanchador puede variarse durante la producción, modificando el ángulo de introducción y la altura de arco.

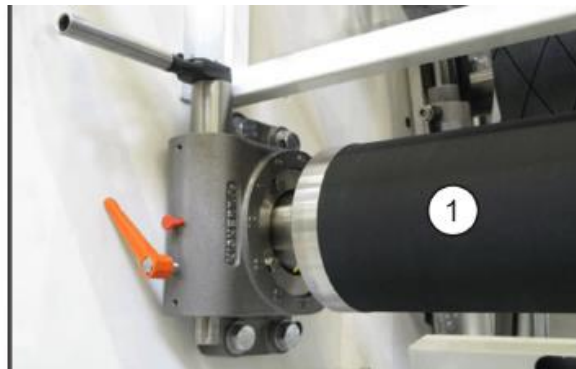


Figura 19. Rodillo tipo banana.
Fuente: Manual de instrucciones original Optimex 55528

- c) **Rodillo de contacto con cilindro de apoyo:** durante el bobinado de contacto, el rodillo de contacto transfiere el par de bobinado con una fuerza de apriete definida a la bobina de lámina. Un accionamiento de corriente trifásica acciona el rodillo de contacto. El revestimiento de goma del rodillo puede ser liso, o ranurado de forma cruzada. El aire se escapa antes del intersticio de bobinado a través de las ranuras en la superficie del rodillo de contacto. El rodillo de contacto acciona por fricción el rollo de película presionado por

medios neumáticos en su circunferencia y transporta la película hasta el punto inicial de bobinado. La fuerza de presión influye considerablemente en la dureza de bobinado del rollo de película. El cilindro de apoyo, que puede orientarse por medios neumáticos, reduce la entrada de aire entre la película y el rodillo de contacto y proporciona una buena colocación plana de la película.

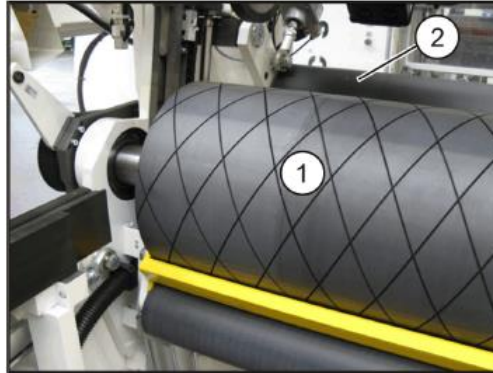


Figura 20. Rodillo de contacto con cilindro de apoyo
Fuente: Manual de instrucciones original Optimex 55528

- d) **Accionamiento central:** en el modo de servicio 'Bobinado de contacto/ central' o 'Bobinado de separación', el accionamiento central (1) activará el eje de bobinado mediante el engranaje de piñón cónico (2). El engranaje de piñón cónico está unido al eje de bobinado mediante un engranaje. El acoplamiento es apto para funcionar con ambos sentidos de giro.

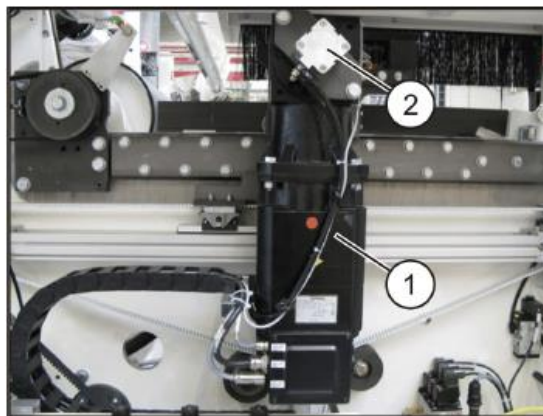


Figura 21. Accionamiento central
Fuente: Manual de instrucciones original Optimex 55528

- e) Mecanismo transversal de separación con la cuchilla percutora

Sistema de separación transversal en la figura 22 se puede ver la cuchilla percutora en la posición 1 en el cual el sistema de corte transversal divide la banda de lámina en el cambio de rollo mediante una cuchilla percutora neumáticamente accionada (corte diagonal).



Figura 22. Sistema de separación transversal
Fuente: Manual de instrucciones original Optimex 55528

10) Pupitre de mando principal

El pupitre de mando principal se describe de la siguiente manera:

1. Pupitre de mando principal +P05
2. Parada de emergencia.
3. Tensión de mando (CON).
4. Tensión de mando (DES).
5. Rodillo de presión (ACERCAR).
6. Rodillo de presión (ALEJAR).

Estos controles de mando están descritos en la figura 23, el cual cuenta con parada de emergencia de la máquina, tensión de mando para conectar o desconectar la parte de control de la máquina y dos botones más que permite el acercamiento o alejado del rodillo de presión que es fundamental para el arranque de la máquina.

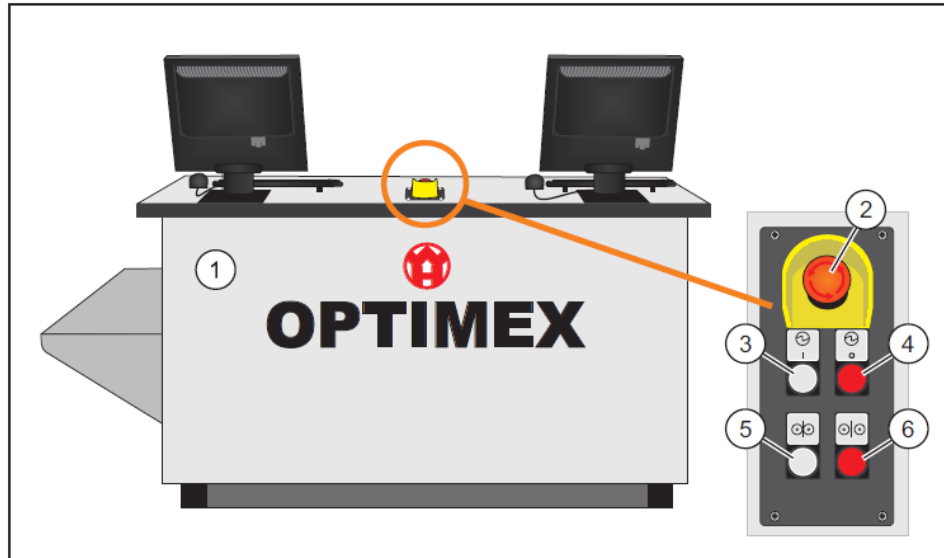


Figura 23. Pupitre de mando principal
Fuente: Manual de instrucciones original Optimex 55528

4.1.2 Observación directa

Actualmente en la empresa Plásticos de Empaque cuenta con 7 máquinas Coextrusoras de plásticos las cuales solo se encuentran operativas la Coextrusora #1 55532, Coextrusora #3 43744, Coextrusora #5 54422, Coextrusora #6 55527 y Coextrusora#7 55528, los cuales los bobinadores que trabajan con corte automático son la Coextrusora 5, 6 y 7, y aparte poseen un bobinador doble modelo Filmatic, estas máquinas están diseñadas para la fabricación de películas multicapa flexibles de poliolefinas.

En un contexto en general el proceso de coextrusión de las máquinas es de la siguiente manera:

- El operador pone en modo calentamiento la máquina en una primera fase de 100° por 4 horas, luego de haber pasado el tiempo sube la temperatura de la máquina a 180° por un tiempo de 2 horas. Esto hace calentar el cabezal y los tornillos extrusores de la máquina para ponerla en modo funcionamiento.
- Cuando los tornillos están en la temperatura adecuada por el panel de operación se libera el arrancado de los motores de cada tornillo, de esta manera ya se puede realizar el arranque.
- Este arranque consta de empezar a darle velocidad a los tornillos cada uno en paso de 5kg/h, el cual por el cabezal empieza la coextrusión del plástico, a su vez los operadores ya tienen

preparado las tolvas con los materiales a coextruir, el cual estos son aspirados por mangueras y llevados hacia las tolvas de dosificación o sistema gravimétrico.

- Cuando empieza a salir material considerable por el cabezal, los operadores prenden la calandra el cual se encarga de halar el material hacia el sistema de tiro, seguidamente van subiendo velocidad a los tornillos en paralelo con la calandra de manera que este sea uniforme y evite el desgarre de la película.
- Luego los operadores y ayudantes pasan la película por todos los rodillos hasta guiarla al bobinador principal para así empezar a realizar la burbuja de plástico.
- Esta burbuja es llenada con sistemas de aire interno y externo que el operador va controlando con valores según su criterio, cuando la burbuja empieza a formarse uniformemente cierran la cesta de colapsamiento para hacer el aplanado del plástico.
- Luego por último prende el bobinador en modo funcionamiento realizan el corte manual y dejan la máquina en modo producción.

Por otro lado, en la Coextrusora #7 podemos observar luego de un arranque inicial y la máquina en producción, el proceso de corte manual para los bobinadores y observamos las siguientes fallas:

- El bobinador externo no cuenta con PLC principal, y fue desconectado del panel de control.
- Se evidencia que en el tablero del panel de control del bobinador del operador se encuentra la pantalla HMI, pero la misma no funciona ya que fue desconectada del PLC principal. (Ver figura 24).



Figura 24. Panel de control del bobinador del operador
Fuente: Romero, E (2023)

- Se realiza una prueba en el tablero del panel de control del bobinador del operador (Ver figura 24), para realizar una prueba funcional del corte manual del mismo, para hacer esta prueba se tienen que seguir los siguientes pasos dado por el operador de la máquina:

Cuadro 2. Pasos para realizar el corte en modo manual

1. Se coloca el selector de guía paralela hacia adelante, en el cual mueve la barra con la bobina hacia el brazo de depósito de barras. (Ver figura 25.a).
2. Se deposita la barra en el brazo de depósito de barras. (Ver figura 25.b)
3. Seguidamente el selector cambio de rollo se presiona hacia adelante y esta baja el brazo con la barra y el core nuevo, y luego hace la entrega hacia el bobinador.
4. Cuando baja la barra con el core, el operador en este momento realiza el corte manual utilizando un cuchillo afilado para cortar la película y guiarla para que se enrolle en el core nuevo. En este momento de la operación se percata que la alfombra de seguridad esta desactivada para realizar esta acción lo que deja un accidente laboral abierto. (Ver figura 26 y 27)
5. Luego el selector de guía paralela se coloca hacia atrás y la guía se devuelve hasta el bobinador trancando así la barra con el core nuevo.
6. Por último, el selector de cambio de rollo se presiona hacia atrás y este sube el brazo hasta la posición inicial, en este momento se coloca una barra con core nuevo para la próxima bajada del rollo. (ver figura 28)

Fuente: Romero, E (2023)

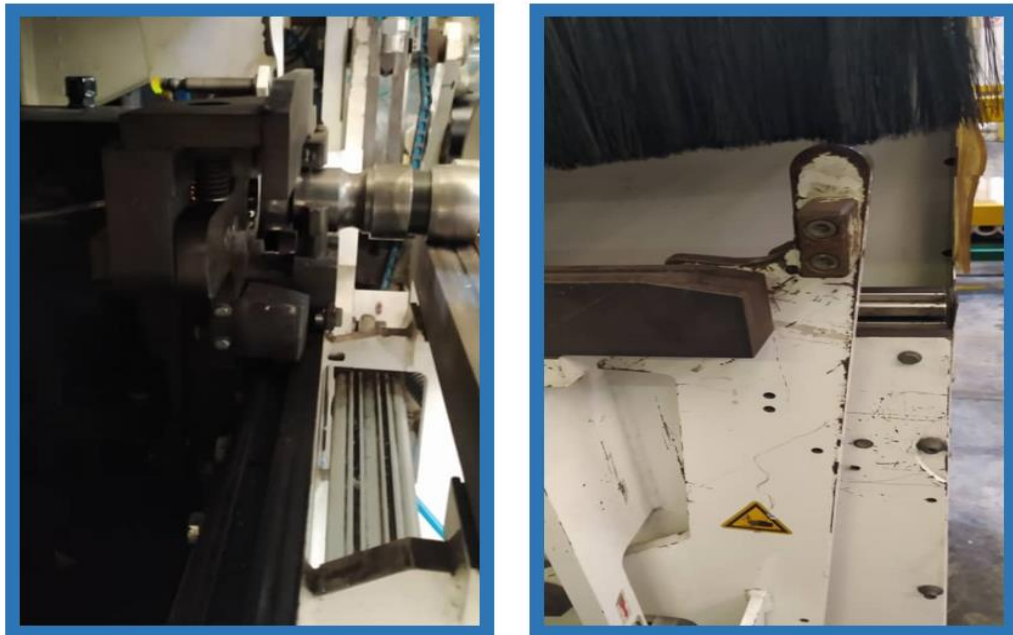


Figura 25. Guía paralela (a). Brazo de depósito de barras (b).

Fuente: Romero, E (2023)



Figura 26. Ayudantes realizando el corte manual
Fuente: Romero, E (2023)



Figura 27. Operador realizando el corte manual
Fuente: Romero, E (2023)

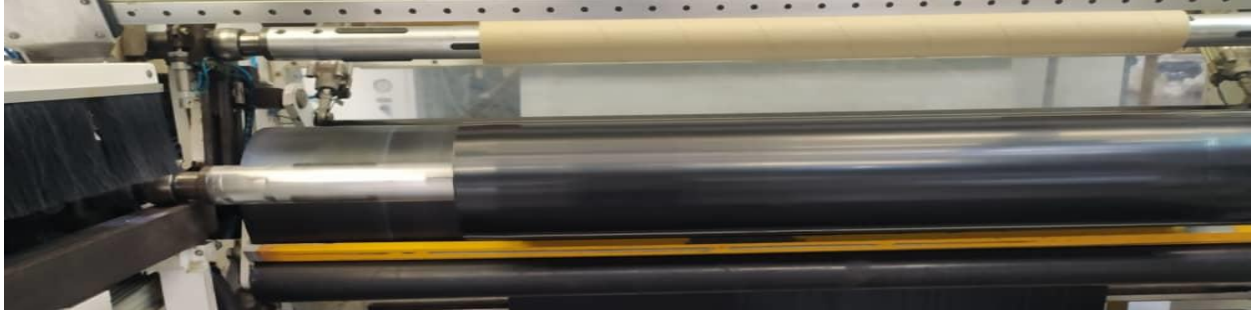


Figura 28. Finalización del corte en modo manual

Fuente: Romero, E (2023)

- Se realiza una inspección del bobinador, el cual se encuentran el cuerpo de electroválvulas disponible, de 10 electroválvulas que conforman el manifold solo están operativas 5.
- Se evidencia que los bobinadores poseen conexiones para sensores, pero algunas conexiones están punteadas o los sensores no se encuentran físicamente.
- Se realiza una inspección para diagnosticar el corte automático del bobinador, en el cual se presiona el botón en el panel del operador (cambio de bobina), y este mismo no reacciona.
- Luego de haber finalizado la inspección para el corte en modo manual del bobinador, se habla con el operador y se crea un paso a paso de como la máquina Coextrusora realizaba el corte automático en el siguiente cuadro se explica:

Cuadro 3. Pasos para el proceso del corte automático de la Coextrusora

1. Se presiona el botón en el panel del operador (cambio de bobina).
2. El motor central se enciende agarra la barra con la bobina y la va alejando del bobinador principal, con una velocidad una poco mayor para crear tensión en la película.
3. El rodillo opresor baja y realiza presión a la película con la nueva tensión.
4. Seguidamente el SCR (brazo) bajan dejando en posición el core nuevo en el bobinador.
5. Luego la cuchilla se desplaza creando así el corte de la película.
6. Seguidamente el motor central con la bobina se va alejando hacia el brazo depositador de bobina, mientras al mismo tiempo se regresa la cuchilla para estar en su posición original y esperar el nuevo cambio de bobina.
7. Cuando el motor central se va alejando con la bobina, los SCR (brazos) hacen la entrega del core nuevo dejándolo así en su posición para crear la nueva bobina, luego los SCR (brazos), suben y quedan en posición inicial para el nuevo corte.
8. Por último, la bobina es depositada en los brazos del depositador de bobina, en donde el motor central la deja en esa posición y se devuelve para tomar la nueva barra con el core.

Fuente: Romero, E (2023)

Por último, se realiza una inspección en el motor central del bobinador el cual es importante en la secuencia del proceso de corte automático, que para este caso el panel de control del bobinador existe un botón que es motor central, se presiona y efectivamente el motor toma la barra del bobinador y la gira con fuerza, se diseñó un guion de entrevista estructurada el cual puede ser encontrado en el Anexo C del documento. Por medio de este instrumento se le aplicó la entrevista a tres operadores líderes los cuales son fundamentales para seguir con el diagnóstico del sistema de corte de los bobinadores en la máquina Coextrusora # 7 55528.

Para el presente documento de recolección de datos, se estableció el siguiente objetivo: “Diagnosticar la situación actual del proceso de corte de una película de plástico en las máquinas Coextrusoras”.

Los resultados de las entrevistas fueron grabados y posteriormente transcritos para su análisis y documentación. Dicha transcripción de cada uno de los entrevistados es mostrada a continuación.

- Transcripción de la entrevista estructurada:

Entrevista realizada a: José Zamora, fecha: 04/05/2023

Cargo: Operador líder

1. ¿En su opinión, considera usted que el corte automático de los bobinadores es indispensable para un proceso eficiente?

El corte automático de los bobinadores, es un proceso fundamental para la operación de la máquina, es uno de los procesos en el cual la bajada de rollo se realiza sin generar algún desperdicio, aparte de que permite que el operador líder este pendiente de las funciones primordiales de la máquina como supervisión de variables y constantes de la extrusión de película, más sin embargo si esto no está funcionando como es el caso, perdemos tiempo ya que tenemos que supervisar a los ayudantes a bajar el rollo evitando algún accidente laboral o controlando que el desperdicio sea el menor.

2. ¿Considera usted que el corte manual de los bobinadores es un proceso que puede afectar la producción?

Actualmente en la empresa tengo más de 15 años de experiencia, por lo que considero que no es un proceso correcto en vista que puede a ver un accidente laboral en la empresa, o una producción sale sin calidad debido a que perdemos tiempo en realizar un corte de la mejor manera y descuidamos las variables del proceso.

3. Desde su experiencia, podría usted describir la importancia que los bobinadores estén operativos con corte automático

Este apartado es bastante importante, ya que como mencione anteriormente perdemos mucho tiempo realizando un corte manual, que este tiempo puede ser involucrado en variables del proceso para dejar una producción completamente con calidad óptima.

4. Desde su experiencia en el ramo industrial, podría describir usted la situación actual que se presenta en los cortes en los bobinadores de la empresa

Actualmente en la empresa en las máquinas Coextrusoras no contamos con los cortes automáticos de los bobinadores, estos están completamente manuales y este procedimiento genera muchas fallas a lo largo del turno que son fatales para una producción.

5. Desde su experiencia en la industria puede describir, que el no tener corte en modo automático es un riesgo de seguridad laboral

Si, los cortes en modo manual son de riesgo laboral, primeramente, porque la seguridad del bobinador fue desconectada para poder cortar la película de plástico y estar en el bobinador con la máquina andando si ninguna seguridad es algo completamente peligroso tanto para el operador como para el ayudante.

6. En su opinión estaría dispuesto a pertenecer a un curso donde den las instrucciones para poder realizar el corte en modo automático en caso de que este se encuentre operativo.

Claro que estaría dispuesto a pertenecer a este curso tanto mi persona como los que llevo a cargo que son los operadores, de esta manera trabajaremos más eficientes y en pro de crecimiento de la empresa.

7. En su opinión, ¿considera usted que bajar el desperdicio en la orden de producción generaría algún beneficio para su trabajo?

El trabajo del operador líder es netamente profesional y al bajar el desperdicio en una producción estamos demostrando que somos más eficientes en el proceso, anteriormente se implanto una competencia sana para bajar el desperdicio, el mejor grupo era premiado con un desayuno, es por esto que si logramos bajar el desperdicio en un 10% tendríamos este premio un poco de motivación para el equipo de producción.

1. ¿En su opinión, considera usted que el corte automático de los bobinadores es indispensable para un proceso eficiente?

Claro estoy de acuerdo que el corte automático de los bobinadores es indispensable para el proceso de producción en la empresa, ya que con mi larga experiencia en el ramo industrial me he dado cuenta que perdemos mucho tiempo en realizar la bajada del rollo y se genera mucho desperdicio, es por esto que para que el proceso sea eficiente este mismo tiene que estar operativo.

2. ¿Considera usted que el corte manual de los bobinadores es un proceso que puede afectar la producción?

No es correcto, más sin embargo se realiza para poder sacar la producción para la empresa, ya que este es nuestro trabajo del día a día y necesitamos que la empresa produzca para poder seguir trabajando.

3. Desde su experiencia, podría usted describir la importancia que los bobinadores estén operativos con corte automático

Que los bobinadores estén en automáticos es de gran importancia en mi experiencia la producción subiría, generamos menos desperdicio y por ende aumentaría la rentabilidad de cada orden producida.

4. Desde su experiencia en el ramo industrial, podría describir usted la situación actual que se presenta en los cortes en los bobinadores de la empresa

Actualmente desde el año 2015 los bobinadores en corte automático no funcionan desactivaron esa aplicación ya que en ese momento la empresa estaba pasando una mala situación por cómo se encontraba el país, es por esto que actualmente se realizan en modo manual, pero a lo que va del año 2022 la producción ha ido aumentando y a veces no cumplimos con las fechas de entrega ya que realizando este corte manual perdemos tiempo y genera muchas fallas en el proceso.

5. Desde su experiencia en la industria puede describir, que el no tener corte en modo automático es un riesgo de seguridad laboral

Si efectivamente es un riesgo de seguridad laboral, anteriormente he tenido cortes en mis manos por usar el cuchillo, cuando la película es muy gruesa es completamente difícil el corte,

el cuchillo debe estar completamente afilado y realizando esta maniobra me he cortado las manos.

- 6. En su opinión estaría dispuesto a pertenecer a un curso donde den las instrucciones para poder realizar el corte en modo automático en caso de que este se encuentre operativo.**

Si estaría dispuesto.

- 7. En su opinión, ¿considera usted que bajar el desperdicio en la orden de producción generaría algún beneficio para su trabajo?**

Claro que sí, ya que la orden de producción estaría completa sin necesidad de más materia prima que se pierde por este desperdicio, y nuestro indicador personal de productividad aumentaría y esto con beneficios directamente de salario.

Entrevista realizada a: José Bracho, fecha: 04/05/2023

Cargo: Operador líder

- 1. ¿En su opinión, considera usted que el corte automático de los bobinadores es indispensable para un proceso eficiente?**

El corte automático de los bobinadores, es un proceso eficiente para el bajado de rollo, sin embargo no es un proceso indispensable, ya que igual hacemos la bajada de rollo en forma manual.

- 2. ¿Considera usted que el corte manual de los bobinadores es un proceso que puede afectar la producción?**

Actualmente en la empresa tengo más de 20 años de experiencia, y considero que es un proceso correcto ya que, si la máquina vino diseñada para realizar los pasos a pasos manualmente, es porque estos pueden ser usados normalmente, en este caso de la empresa se usa así.

- 3. Desde su experiencia, podría usted describir la importancia que los bobinadores estén operativos con corte automático**

Si tiene importancia ya que esto deja el proceso en modo automático, pero el que no este no significa que no podamos producir o realizar una producción de alta calidad.

4. Desde su experiencia en el ramo industrial, podría describir usted la situación actual que se presenta en los cortes en los bobinadores de la empresa

Actualmente en la empresa en las máquinas Coextrusoras no están operativos los cortes en modo automático, sin embargo, el equipo de mantenimiento ha logrado que el corte en modo manual sea efectivo.

5. Desde su experiencia en la industria puede describir, que el no tener corte en modo automático es un riesgo de seguridad laboral

Si, son un riesgo de seguridad laboral, aunque tenemos que estar conscientes que en este ámbito industrial la seguridad laboral corre por cualquier proceso de planta si no se toman las indicaciones adecuadas para realizar una maniobra.

6. En su opinión estaría dispuesto a pertenecer a un curso donde den las instrucciones para poder realizar el corte en modo automático en caso de que este se encuentre operativo.

Si estaría dispuesto.

7. En su opinión, ¿considera usted que bajar el desperdicio en la orden de producción generaría algún beneficio para su trabajo?

Si, generaría algún beneficio menos desperdicio genera más ganancias para la empresa, y eso incrementaría el aumento de sueldo.

- **Proceso de triangulación de los resultados**

Con la finalidad de dar concluido el proceso de entrevista se realizó el análisis y triangulación de la información extraída de estas para así lograr obtener el mejor diagnóstico posible para su futuro uso en las próximas fases metodológicas.

- **Triangulación de la entrevista estructurada**

Para este proceso de triangulación fueron tomadas en consideración las 7 preguntas planteadas a cada uno de los operadores líderes entrevistados y se realizó una comparación uno a uno entre cada una de las personas en donde se determinaron tres posibilidades identificadas cada una con un color distinto: el naranja si existe coincidencia entre la respuesta de dos o todos los participantes, azul si uno de los entrevistados no concuerda o apoya la opinión de sus otros dos compañeros y blanco si no existe ningún tipo de coincidencia o reciprocidad entre los tres, el cual se aprecia en la siguiente figura.

Cuadro 4. Comparativo respuestas de las entrevistas.

Entrevistados Preguntas	1	2	3	4	5	6	7
José Zamora							
Juan Hernández							
José Bracho							

Fuente: Romero, E (2023)

Como se puede apreciar en el cuadro 4, la mayoría de las respuestas coinciden en gran parte del contexto en cada una de estas conforme a los 3 entrevistados, sin embargo, se evidencia discrepancia en el tercer empleado en la pregunta 2, donde dice que si el corte está diseñado en modo manual en la máquina es para que algún momento se puede usar y en este momento de la empresa es así, a diferencia del entrevistado 1 y 2 que indican que el corte en modo automático es un proceso correcto e importante para el departamento de producción.

Para finalizar con el diagnóstico de la situación actual del proceso de corte de una película de plástico en las máquinas Coextrusoras se tienen las siguientes conclusiones:

- En la Coextrusora 7 en ambos bobinadores no está operativo el corte automático.
- Se realizó una inspección y se evidencio que los PLC de los bobinadores fueron desconectados.
- En ambos bobinadores los motores centrales se encuentran operativos.
- Se evidencio que los operadores necesitan el corte automático para poder evitar accidentes laborales.
- Los operadores líderes reportan que unos de los procesos más importantes de las máquinas coextrusoras son los cortes en modo automático, ya que aumentaría la efectividad de la orden así con la producción.

4.2. Fase II: Determinación de las variables del proceso del corte automático para una película de plástico en las máquinas Coextrusoras

4.2.1 Determinación de las variables del proceso de corte automático

Una variable de proceso es una condición física o química del proceso que es de interés a medir y/o controlar ya que puede alterar el proceso de inyección de alguna manera. Existen tres variables fundamentales en el proceso de corte automático de los bobinadores para una película de

plástico, de los cuales dependen tanto la apariencia de la película, como la efectividad en cómo realizar este proceso sin generar alto desperdicio. Estas variables son:

- Presiones
- Tiempos
- Velocidades

4.2.1.1 Velocidades

Las velocidades son variables del proceso de coextrusión en la máquina, una de las más importantes es la velocidad de línea la cual es colocada por el operador líder en este caso en la PC principal en el equipo denominado calandra o estirado, esta velocidad es la que comanda toda la máquina. Si alguna de estas variables llega a fallar en su desempeño es posible que haya una falla general al crear el material en específico la planaridad y apariencia del material, así como el espesor de la misma.

- **Velocidad de la calandra o estirado:** es la velocidad de línea que maneja la máquina, esta velocidad es colocada según la orden de producción, si ocurre alguna falla en la máquina Coextrusora, la producción puede salir defectuosa en cuanto sea la falla si es mínima el operador líder tiene las competencias para lograr un producto de calidad manejando esta variable.
- **Velocidad del Bobinador:** la velocidad del bobinador también es importante que se controle ya que ella tiene que ser gradualmente 10% más de la velocidad de la calandra dejando así tensión en película.
- **Velocidad del motor central:** la velocidad del motor central especificada en los manuales de las máquinas para que el corte automático sea efectivo es de un 10% demás del bobinador, así que cuando la guía paralela se aleja con la bobina esta genera tensión entre la bobina vieja y el Core nuevo dejando así que el corte de cuchilla sea sin imperfecciones.

Tabla 7. Velocidad de línea para la máquina Coextrusora #7 55528

Velocidad	Valor (mtr/min)								
Magnitud	2	4	6	8	10	15	20	25	30
Velocidad de calandra o estirado	2	4	6	8	10	15	20	25	30
Velocidad de bobinador	2.2	4.4	6.6	8.8	11	16.5	22	27.5	33
Velocidad de motor central	2.4	8.4	7.2	9.6	12	18	24	30	36

Fuente: Romero, E (2023)

Estas velocidades porcentuales son dadas por el manual de la máquina Coextrusora, sin embargo, fueron evidenciadas a través de la tabla 7 midiendo con la ayuda de un tacómetro, la cual indica que efectivamente si se cumple con los porcentajes mencionados anteriormente.

4.2.1.2 Tiempos

Los tiempos a controlar en el proceso del corte automático son los siguientes:

- a) **Tiempo de retracción de la guía paralela:** cuando el botón de cambio de bobina es presionado, el motor central toma la barra y esta misma empieza a ir hacia atrás para sacar la bobina ya producida.
- b) **Tiempo de bajo de brazos SCR:** cuando la guía paralela es retraída los brazos SCR bajan y quedan en posición de entrega del core nuevo.
- c) **Tiempo de entrega de brazos SCR:** después que los brazos del SCR bajan estos hacen la entrega del core nuevo en posición con el bobinador.
- d) **Tiempo de corte de cuchilla:** después del proceso anterior la cuchilla sale de un extremo del bobinador hacia el otro extremo ejecutando así el corte.
- e) **Tiempo de espera de cuchilla:** cuando la cuchilla se encuentra en el otro extremo se espera un tiempo prudencial para ir a la posición original.
- f) **Tiempo de retracción de cuchilla:** luego que esta misma haya esperado un tiempo prudencial, se devuelve a la posición original

Tabla 8. Tiempos para los procesos de Inyección

Tiempos	Valor
Tiempo de retracción de la guía paralela	3 s
Tiempo de bajo de brazos SCR	2 s
Tiempo de entrega de brazos SCR	2 s
Tiempo de corte de cuchilla	2 s
Tiempo de espera de cuchilla	4 s
Tiempo de retracción de cuchilla de cuchilla	4 s

Fuente: Romero, E (2023)

4.2.1.3 Presiones

Las presiones para este proceso a considerar son la siguientes:

- a) **Presión del cilindro de la guía paralela:** la cual esta determina en que velocidad vuelve a su posición original después de realizar el cambio de bobina automático.

b) **Presión del cilindro brazos SCR:** determina la fuerza de agarre del core evitando así que este bote la barra.

c) **Presión de la cuchilla:** esta es determinada para la fuerza de corte de la cuchilla.

4.2.3 Determinar los equipos a utilizar para el desarrollo de la propuesta planteada

4.2.3.1 Controlador Lógico Programable (PLC)

Para la selección del Controlador Lógico Programable (PLC) que resulte en un desempeño eficiente de la máquina, que mejore la calidad del producto y a su vez reduzca los costos de mantenimiento. Por lo que para este estudio de selección se realizó un costo-desempeño de un PLC Allen- Bradley en comparación con un PLC Siemens.

Las opciones a considerar son los siguientes controladores lógicos programables:

- Siemens: S7-300
- Allen-Bradley: MicroLogix 1200

Estos PLC son capaces de cubrir las necesidades de la aplicación según el número de entradas y salidas. La Tabla 7 muestra los costos de ambos controladores.

Tabla 9. Costo de las opciones de los PLC

Controlador (PLC)	Costo
S7-300	1000 \$
MicroLogix 1200	3000 \$

Fuente: Romero, E (2023)

Entonces entorno al diagnóstico anterior de cuál es el PLC más adecuado para el proyecto de investigación planteado, por el costo sea menor es el Siemens S7-300, este mismo a su vez reduce el tiempo de implementación de comunicación e integración.

Sin embargo, también se deben considerar ciertas variables las cuales intervienen a lo largo de todo el proceso, dichas variables son de diferentes características ya que algunas de ellas son variables provenientes de señales digitales las cuales representan una variación discontinua con el tiempo y que sólo pueden tomar ciertos valores discretos. Su forma característica es ampliamente conocida, en donde, la señal básica es una onda cuadrada (pulsos) y las representaciones se realizan en el dominio del tiempo. Por su parte, también existen las señales analógicas las cuales tienen una gran diferencia de las señales digitales ya que este tipo de señal no es generada con la intervención del ser humano, sino que están representadas por magnitudes físicas tales como temperatura,

luminosidad, humedad, fuerza, presión, entre otros. Este tipo de señal son aquellas señales las cuales varían de forma continua a lo largo del tiempo y toman valores infinitos en un intervalo de tiempo finito. Este tipo de señal es muy utilizado para realizar el control de las diferentes magnitudes físicas mencionadas anteriormente.

Entonces se procede a evaluar la cantidad de variables de cada tipo, que son necesarias controlar para poder realizar el diseño de la automatización del bobinador interno y externo para el corte automático de una máquina Coextrusora de plástico en la Empresa Plásticos de Empaque C.A.

A continuación, se enumerarán la cantidad de variables digitales que intervienen a lo largo de todo el sistema de control del proceso de inyección.

- ❖ 2 entradas digitales provenientes de los relés térmicos instalados en los sistemas de seguridad de los motores.
- ❖ 2 entrada digital proveniente del sistema de parada de emergencia.
- ❖ 1 entrada digital del sistema indicando la tensión de mando del bobinador.
- ❖ 1 entrada digital para la llave de puesta en servicio diagnóstico.
- ❖ 2 entradas digitales de los sensores de barra de entrega de bobina.
- ❖ 2 entradas digitales de sensores que indican si la guía paralela ha pasado la mitad del recorrido.
- ❖ 2 entradas digitales de sensores para indicar que la cuchilla se encuentra en posición o final.
- ❖ 2 entradas digitales para la posición inicial del brazo SCR.
- ❖ 2 entradas digitales para la entrega de barra por los brazos SCR.
- ❖ 1 entrada digital indicando que está colocada la alfombra de seguridad.
- ❖ 1 entrada digital para el botón cambio de bobina.
- ❖ 1 entrada digital para parada de cambio de bobina.
- ❖ 1 salida digital para activar una alarma cuando la alfombra sea pisada por un trabajador.
- ❖ 1 salida digital para indicar que el sistema se encuentra en funcionamiento.
- ❖ 1 salida digital para activar una alarma que el sistema del corte automático se ha detenido.
- ❖ 1 salida digital para activar una alarma que el sistema de corte automático ha empezado.
- ❖ 1 salida digital para activar una alarma por falla del motor central.

Atendiendo a estas consideraciones, se concluye que en el sistema planteado existen un total de 19 entradas digitales y 5 salidas digitales, ahora se procede conocer la cantidad de variables analógicas que se deben controlar en el sistema planteado, las cuales se enumeraran a continuación.

- 1 entrada analógica proveniente de la velocidad de línea la calandra o estirado.
- 3 entrada analógica provenientes de los manómetros de presión para los cilindros de corte, guía paralela y brazos SCR.

Con respecto a la numeración de las señales analógicas que se deben controlar a lo largo de todo el proceso, se tiene un total de 4 entradas analógicas las cuales son de suma importancia ya que estas señales analógicas serán las encargadas de llevar el control para la automatización del corte automático del bobinador interno y externo de la máquina Coextrusora.

Una vez conocido el número exacto de variables de entrada y de salida, tanto digital como analógicas, es posible diagnosticar cual es el PLC, más adecuado para el sistema ha automatizar, y la opción más viable para la empresa fue el SIEMENS S7-300, ya que este PLC ofrece una gran cantidad de funciones útiles que será requeridas en el sistema ha automatizar, aparte de su relación calidad producto.

PLC Simatic S7-300

Este autómata de SIEMENS ideado especialmente para aumentar la cadencia y disminuir sensiblemente los tiempos de ciclo, respuesta y aumentar la calidad del proceso, opera más allá de los límites de prestaciones anteriores, asegurando la adquisición y tratamiento de señales (analógicas o digitales) a cualquier velocidad y en cualquier forma en que se presenten, de allí que es ideal para usarlo en maquinarias de embalaje y en máquinas herramientas, sector agroalimentario o en industria química o farmacéutica. Posee una CPU cuya velocidad es 100 veces mayor a las convencionales (la más potente de sus 5 CPU no necesita más de 0,3 ms para ejecutar 1024 instrucciones binarias y no mucho más al procesar palabras), una Memoria de programa de 16K instrucciones de capacidad máxima, 1024 entradas y salidas digitales y 32 módulos dentro de un solo sistema (para tareas especiales se ofrecen módulos específicos), alta potencia de cálculo con hasta aritmética de 32 bits en coma flotante e interfaces multipunto o puerto MPI. Pequeño, extremadamente rápido y universal son las características más importantes de éste PLC, además de su modularidad, sus numerosos módulos de extensión, su comunicabilidad por bus, sus funcionalidades integradas de visualización y operación, así como su lenguaje de programación bajo entorno Windows 7, 32 BIT.



Figura 29. PLC S7 300

Fuente: <http://dSPACE.espace.edu.ec/bitstream/123456789/1335/1/108T0005.pdf>

El PLC Simatic S7-300 consta de los siguientes componentes:

- Unidad central de procesamiento (CPU), que constituye el "cerebro" del sistema y toma decisiones en base a la aplicación programada.
- Módulos para señales digitales y analógicas.
- Procesadores de comunicación (CP) para facilitar la comunicación entre el hombre y la máquina o entre máquinas. Se tiene procesadores de comunicación para conexión a redes y para conexión punto a punto.
- Módulos de función (FM) para operaciones de cálculo rápido.
- Módulos de suministro de energía.
- Módulos de interfaces para conexión de racks múltiples en configuración multi-hilera.

En los módulos de entradas pueden ser conectados:

- Sensores inductivos, capacitivos, ópticos.
- Interruptores.
- Pulsadores.
- Llaves.
- Detectores de proximidad.
- Sensores de movimiento.

En los módulos de salidas pueden ser conectados:

- Contactores.
- Electroválvulas.
- Variadores de velocidad.

- Alarmas.

Tamaño del PLC S7-300

El tamaño de la CPU (independientemente del modelo) es de 80 mm de largo, 125 mm de alto y 130 mm de profundidad. En cuanto a los módulos, sus medidas son 40 mm x 125 mm x 130 mm, respectivamente. Además, el S7-300 requiere una alimentación de 24 VDC. Por ésta razón, los módulos (fuentes) de alimentación de carga transforman la tensión de alimentación de 115/230 VAC en una tensión de 24 VDC. Los módulos de alimentación se montan a la izquierda junto a la CPU.

Ventajas del PLC S7-300

- Poco espacio de ocupación.
- Elaboración de proyectos en menor tiempo.
- Posibilidad de modificación sin cambiar el cableado ni añadir aparatos.
- Economía en su mantenimiento.
- Posibilidad de gobernar varias máquinas con el mismo PLC.
- Tiempo mínimo de puesto en marcha.
- Instalación rápida y sencilla para el cliente.
- Transmisión de velocidad de hasta 45 Megabits por segundo.
- Tecnología de banda ancha.
- Alimentación única, voz y datos
- Sin necesidad de cableado adicional ni obras.
- Conexión de equipo.

4.2.3.2 Dispositivos varios necesarios para la automatización

- Electroválvula AVENTICS modelo 3/2 / NW7 / 0820 055 101



Figura 30. Electroválvula AVENTICS.

Fuente: Romero, E (2023)

- Cilindro neumático d=63/h=250/CPC/521-713-515-0



Figura 31. Cilindro neumático.
Fuente: Romero, E (2023)

- Cilindro neumático d=23/h=100/CPC



Figura 32. Cilindro neumático.
Fuente: Romero, E (2023)

- Cilindro sin varilla RMC

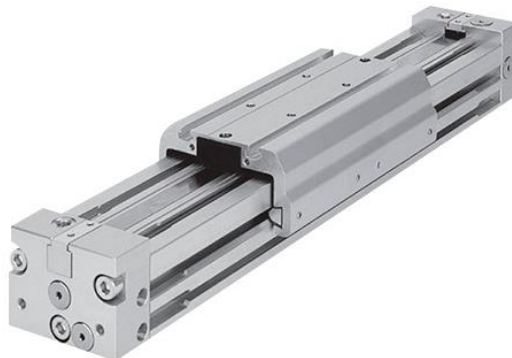


Figura 33. Cilindro sin varilla RMC
Fuente: Romero, E (2023)

- Manómetro 0-3bar 3530190120



Figura 34. Manómetro 0-3bar 3530190120

Fuente: Romero, E (2023)

4.3 Fase III: Diseño de la automatización del bobinador interno y externo para el corte automático de una máquina Coextrusora de plástico.

4.3.1 Descripción de la programación

La programación, es la acción de ordenar y estructurar una serie acciones de forma cronológica para cumplir un objetivo, en el caso de un proyecto de automatización, la programación es en la cargada de controlar todos los procesos que requieran, para realizar esto existen una gran variedad de lenguajes de programación, sin embargo, debido a su simplicidad para entender e interpretar sus instrucciones, el lenguaje de programación más utilizado para realizar la acción de automatizar un proceso es Ladder (KOP), también llamado diagrama de escalera o diagrama de contactos, este lenguaje de programación gráfico es muy popular dentro de los autómatas programables debido a que está basado en los esquemas eléctricos de control clásicos.

Por lo tanto, la propuesta de automatización consiste en la elaboración de un programa en lenguaje escalera en el programa Step 7 que permitirá controlar el proceso de corte automático en los bobinadores de una máquina Coextrusora de plástico de la empresa Plásticos de Empaque C.A. Para empezar con la programación se diseñó un diagrama de flujo en el cual se pueden ver los procesos que intervienen en el diseño de la automatización del corte automático de los bobinadores. (Ver figura 35 y 36).

El ciclo funciona de la siguiente manera:

- Primeramente, se presiona el botón de cambio de rollo, y se verifica si todas las condiciones están para realizar el corte automático, las condiciones son las siguientes:
 - Verificación si hay tensión de mando botón: 1.
 - Verifica la posición de la cuchilla Sensor:0.

- Verifica el motor central llave en 1.
 - Verifica que el SCR este en posición Sensor:1.
 - Verifica que el rodillo ensanchador este en posición Sensor:1.
-
- Si todo está en posición sigue con el proceso de corte automático, si no se realiza una generación de alarmas dependiendo de la verificación inicial.
 - Seguidamente coloca el rodillo opresor en posición en lo cual un sensor verifica si se encuentra en posición.
 - A través, de una electroválvula se mete el acople del motor central y toma la barra con la bobina que se le va hacer el cambio de rollo y prende el motor central con velocidad del bobinador.
 - La guía paralela se echa para atrás hasta un sensor de posición que le indica que se detenga esto es para generar tensión de película con la bobina a cambiar y el rodillo desviador.
 - El rodillo desviador sube hasta la posición y esto genera la tensión de la película para realizar el corte.
 - Seguidamente el SCR baja y se deja en posición con la nueva barra con core. Se activa la electroválvula de cuchilla de corte, y realiza el corte de la película.
 - Luego el rodillo desviador vuelve a la posición inicial.
 - Seguidamente la cuchilla se retrae y queda en posición inicial.
 - Luego el seguro del trinquete que entrega la barra se libera para dejar la barra libre para la entrega de la bobina nueva.
 - Luego se apaga el motor central.
 - Seguidamente, la guía paralela se mueve hacia atrás hasta el sensor de brazo de bajada de rollo.
 - El SCR entrega la barra y la guía paralela se mueve hacia adelante hasta tomar la barra nueva con el core nuevo.
 - Suben los brazos del SCR se coloca la nueva barra y se cierran los seguros del trinquete.
 - Por último, se deja todo en posición y se espera el próximo ciclo.

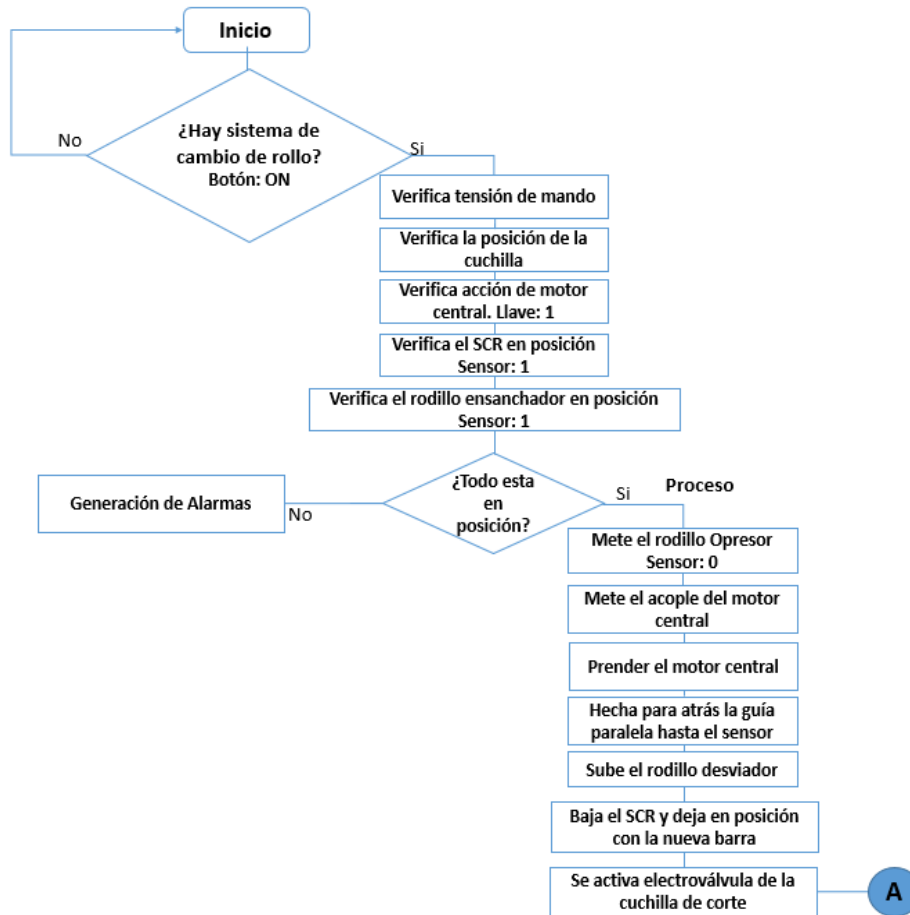


Figura 35. Flujograma del proceso de corte automático de los bobinadores 1.
Fuente: Romero, E (2023)

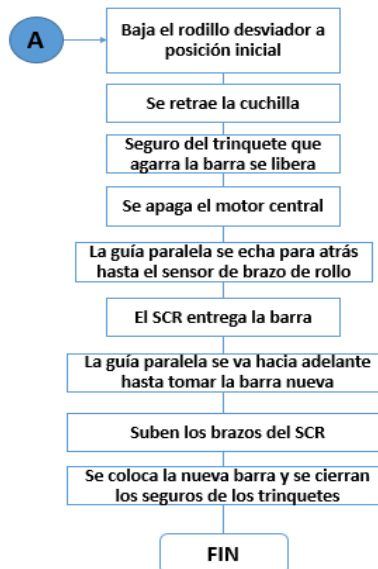


Figura 36. Flujograma del proceso de corte automático de los bobinadores 2.
Fuente: Romero, E (2023)

4.3.3.1 Crear un proyecto en STEP 7

Al crear el equipo se define el sistema de automatización. Para el trabajo de grado se utilizó el PLC Simatic S7-300, el cual este fue explicado y escogido en el apartado 4.2.3.1

En la figura 37 se puede observar que después de crear la estructura y la carpeta para el proyecto, se procede al crear el equipo el cual es aquel en donde se inserta el PLC Simatic 300, dándole clic izquierdo insertar nuevo objeto y luego clic en Simatic 300.

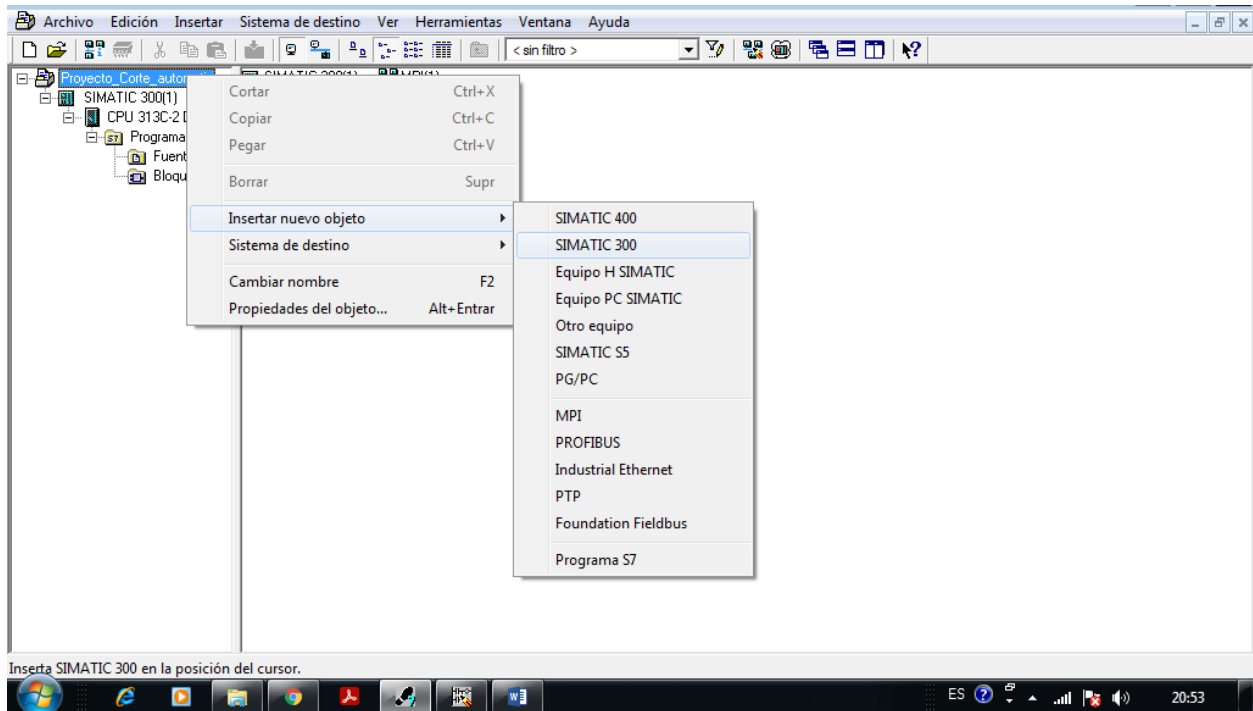


Figura 37. Crear el equipo Simatic 300.

Fuente: Romero, E (2023)

- **Configurar el hardware**

Al configurar el hardware se define en una tabla de configuración qué módulos se utilizarán para la solución de automatización y a través de qué direcciones se accederá a los módulos desde el programa de usuario. Además, las propiedades de los módulos se pueden ajustar mediante parámetros. Se configura el hardware primeramente hay que insertar el bastidor, el cual es el módulo principal que se utiliza para insertar todas las demás variables. En el proyecto se utilizó una CPU-314, la cual tiene una memoria de trabajo de 192 KB, se insertó dos módulos de entradas analógicas, módulo de entrada y salidas digitales y por último también se insertó una fuente PS 307 10A. (Ver figura 38).

(0) UR	
1	PS 307 10A
2	CPU 314
3	
4	AI&x16Bit
5	AI&x16Bit
6	DI16/DO16x24V/0.5A
7	
8	

Figura 38. Insertar bastidor

Fuente: Romero, E (2023)

4.3.3.2 Diseño de la programación

Para el programa de automatización se creó únicamente un OB1 que se encuentra en el Main principal, donde se verá el diseño de proceso de corte automático para los bobinadores de una máquina Coextrusora de la Empresa Plásticos de Empaque C.A. Antes de realizar la descripción de cada segmento que comprende el programa es importante definir las variables del programa utilizadas.

- **Definir Símbolos**

En lugar de utilizar direcciones absolutas es posible definir símbolos locales o globales en una tabla de símbolos, empleando nombres que se utilizarán luego en el programa. Por lo que es necesario realizar el conteo de entradas y salidas.

Tabla 10. Entradas y Salidas del Proceso de corte automático de los bobinadores

Tipo de Dato	Descripción	Tipo de dato	Dirección
Entrada Digital	START	BOOL	E0.0
	STOP de emergencia	BOOL	E0.1
	STOP	BOOL	E0.2
	Activación de Tensión de mando	BOOL	E0.3
	Sensor de cuchilla	BOOL	E0.4
	Activo Motor Central	BOOL	E0.5
	Sensor SCR	BOOL	E0.6
	Sensor RE	BOOL	E0.7
	Sensor RO	BOOL	E1.0
	Sensor Acople	BOOL	E1.1
Salida Digital	RUN	BOOL	A0.0
	Cuchilla	BOOL	A0.1
	SCR	BOOL	A0.2

	Rodillo E	BOOL	A0.3
	Alarma	BOOL	A0.4
	Alarma TM	BOOL	A0.5
	Alarma C	BOOL	A0.6
	Alarma MC	BOOL	A0.7
	Alarma Sensor SCR	BOOL	A1.0
	Alarma RE	BOOL	A1.1
	Electroválvula 1	BOOL	A1.2
	Electroválvula 2	BOOL	A1.3
Marcas	STOP Marca	BOOL	M3.0
	START Marca	BOOL	M3.1

Fuente: Romero, E (2023)

En la figura 39 se observa los símbolos que se usaron en el programa de automatización para el proceso del sistema de corte automático de los bobinadores.

Estado	Símbolo	Dirección	Tipo de dato	Comentario
	Run	A 0.0	BOOL	Alarma RUN
	Cuchilla	A 0.1	BOOL	En posición
	SCR	A 0.2	BOOL	Posición de SCR
	Rodillo E	A 0.3	BOOL	Posición de Rodillo Ensanchador
	Alarma	A 0.4	BOOL	Alarma de apagado del Sistema
	Alarma TM	A 0.5	BOOL	
	Alarma C	A 0.6	BOOL	Cuchilla no en posición
	Alarma MC	A 0.7	BOOL	Motor central apagado
	Alarma Sensor SCR	A 1.0	BOOL	SCR no en posición
	Alarma RE	A 1.1	BOOL	Rodillo Ensanchador no en posición
	Electroválvula 1	A 1.2	BOOL	ACT rodillo opresor
	Electroválvula 2	A 1.3	BOOL	ACT acople MC
	Alarma 5	A 1.4	BOOL	Alarma Amarilla por sistema detenido
	Alarma por Stop	A 1.5	BOOL	Alarma por parada del Sistema
	Motor Central	A 1.6	BOOL	Activo
	START	E 0.0	BOOL	Boton Cambio de Rollo
	STOP EMERGENCIA	E 0.1	BOOL	Parada del Sistema
	STOP	E 0.2	BOOL	Parada Cambio de Rollo
	Activación	E 0.3	BOOL	Tensión de mando
	Sensor C	E 0.4	BOOL	Posición de Cuchilla
	Central	E 0.5	BOOL	Activo
	Sensor SCR	E 0.6	BOOL	Posición de SCR
	Sensor RE	E 0.7	BOOL	Posición de Rodillo Ensanchador
	Sensor RO	E 1.0	BOOL	RO en posición
	Sensor Acople	E 1.1	BOOL	Motor Central
	SCALE	FC 105	FC 105	Scaling Values
	START MARCA	M 3.0	BOOL	
	STOP Marca	M 3.1	BOOL	

Figura 39. Símbolos del programa de automatización

Fuente: Romero, E (2023)

- **Bloques del proyecto**

En un proyecto de gran envergadura, se deben controlar una gran cantidad de variables de entradas y de salidas, para que se pueda tener un proyecto organizado y que se pueda comprender

al momento de realizar una modificación, se dispone de diferentes herramientas con las cuales se puede ordenar un proyecto, en el presente trabajo de investigación se presenta un proyecto el cual está organizado en diferentes bloques tales como, bloques de organización (OB), así como de diferentes bloques de función (FB), funciones (FC) y por último bloques de datos (DB), cada uno de estos bloques son de gran importancia para cumplir cada uno de los requerimientos del sistema a automatizar. A continuación, se nombrarán los diferentes bloques y funciones que conforman el proyecto.

✓ OB principal

Para el OB principal primero se realizó el inicio del sistema cambio de rollo y dando de una salida de Lámpara RUN, para detener el proceso se tienen que activar las siguientes entradas:

- Parada del sistema cambio de rollo botón en normalmente cerrado.
- Parada del sistema STOP de emergencia botón normalmente cerrado.

Como fue explicado anteriormente en el flujograma del proceso el programa primero debe realizar un chequeo de condiciones de variables que deben estar activas para que active el cambio de rollo en modo automático.

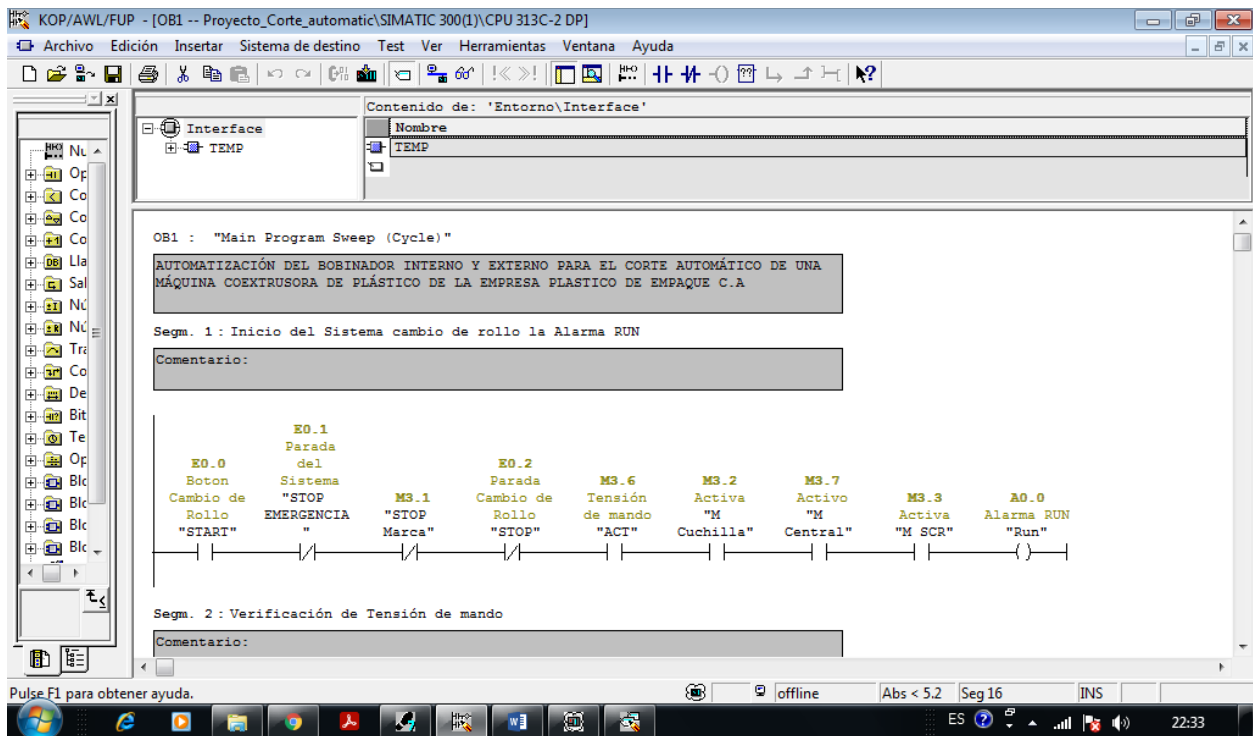


Figura 40. Inicio del Sistema

Fuente: Romero, E (2023)

En el diseño del programa se realizaron las siguientes líneas de codificación para el chequeo de variables iniciales.

- Entrada E0.3 tensión de mando habilitada genera una marca M3.6 que la misma se encuentra habilitada. Seguidamente si esta entrada no está habilitada da una salida de alarma de falta de tensión de mando. (Ver figura 41)
- Entrada E0.4 posición de cuchilla habilitada, indica que la cuchilla está habilitada por medio de un sensor, si el sensor está activo es que está en su posición, en paralelo da salida a una marca M3.2, igualmente si la cuchilla no se encuentra en posición se genera una alarma. (Ver figura 42 y 43).
- Entrada E0.5 motor central activo, esta señal viene del Variador Micromaster 440 que indica que el motor está en posición. (Ver figura 43).
- Entrada E0.6 verificación del sensor SCR que este en la posición inicial, el cual deja dos salidas A0.2 posición SCR activa y M3.3 activo la posición del SCR. (Ver figura 44).
- Entrada E0.7 verificación de posición del rodillo ensanchador mediante el sensor este genera una salida A0.3 el cual indica que el rodillo ensanchador está en posición y la marca M4.0 como rodillo ensanchador activo. (Ver figura 45).

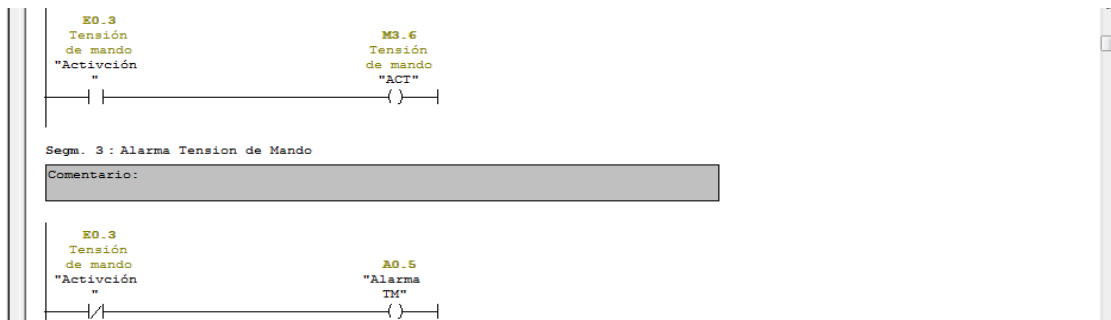


Figura 41. Verificación de Tensión de Mando y Alarma

Fuente: Romero, E (2023)

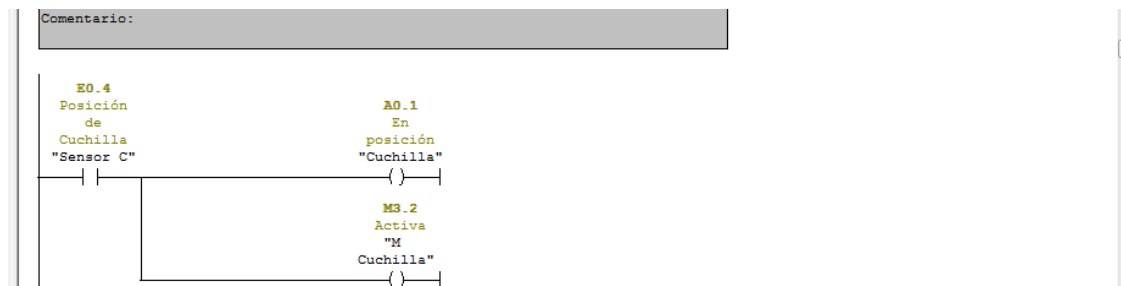


Figura 42. Verificación de Posición de Cuchilla
Fuente: Romero, E (2023)

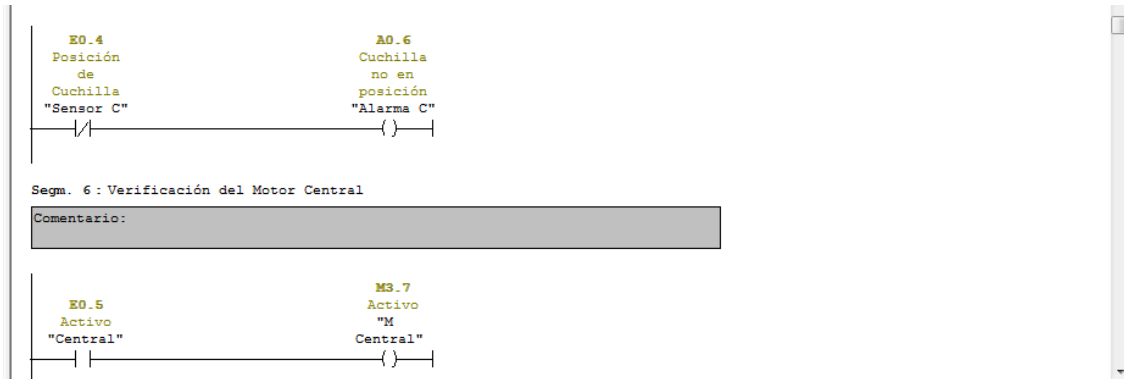


Figura 43. Alarma de Posición de Cuchilla y Entrada del Motor Central
Fuente: Romero, E (2023)

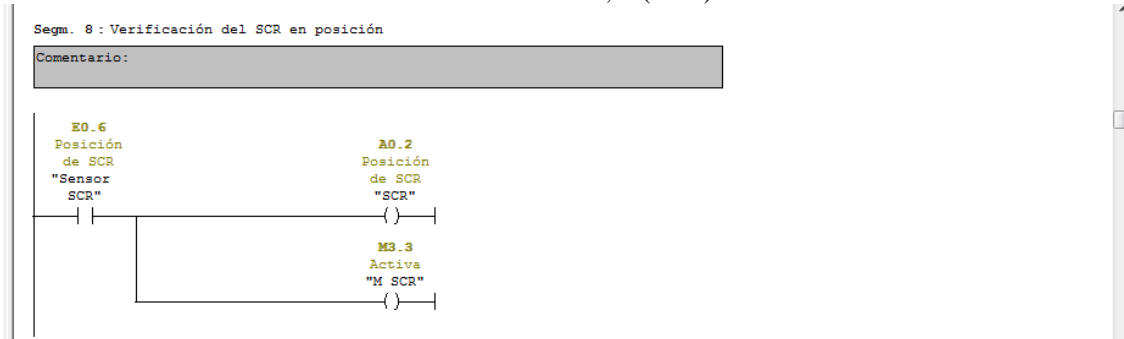


Figura 44. Posición de SCR activa
Fuente: Romero, E (2023)

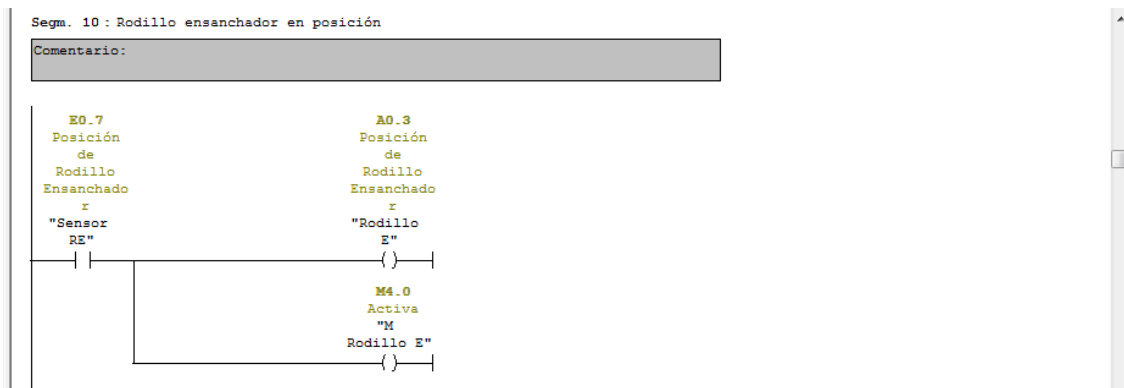


Figura 45. Posición del rodillo ensanchador
Fuente: Romero, E (2023)

En la figura 46 podemos observar la alarma de apagado del sistema, generada por dos entradas dos botones normalmente abiertos que son STOP de emergencia y parada por cambio de rollo, al ser estos presionados interrumpen directamente el proceso y genera la alarma.

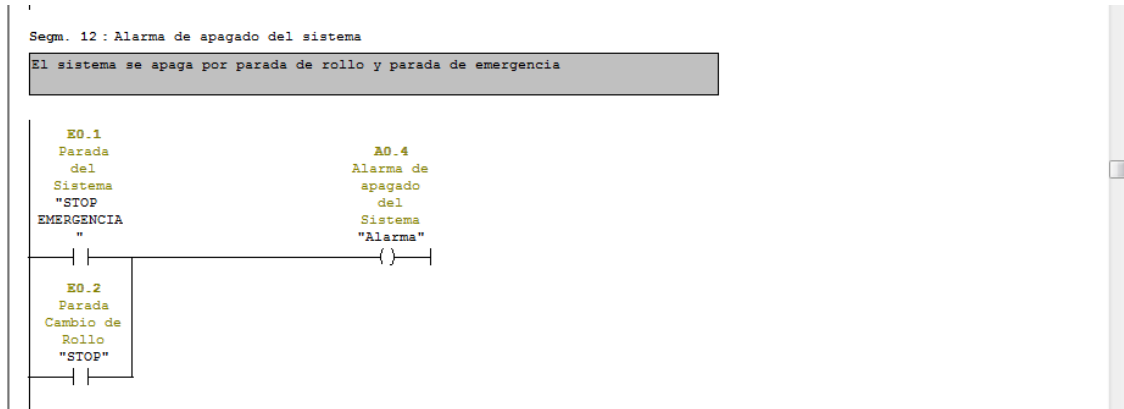


Figura 46. Alarma de Apagado del sistema

Fuente: Romero, E (2023)

En la figura 47 se puede observar el inicio del proceso, después de que todas las condiciones estén operativas al activar la lámpara modo RUN, se activa una salida A1.2 la cual activa una electroválvula que coloca el rodillo opresor en posición, para identificar que el rodillo se encuentra en posición se coloca un sensor que indica si ya llega a la posición este mismo sensor genera una salida diciendo que el Rodillo Opresor ya está en posición. (Ver figura 47 y 48).

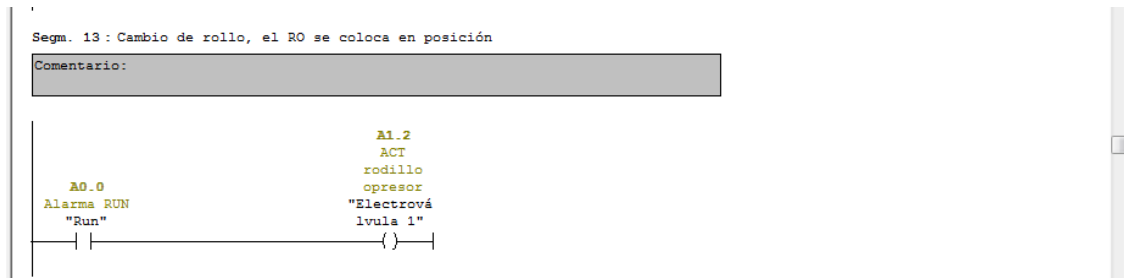


Figura 47. Activación del Rodillo Opresor.

Fuente: Romero, E (2023)

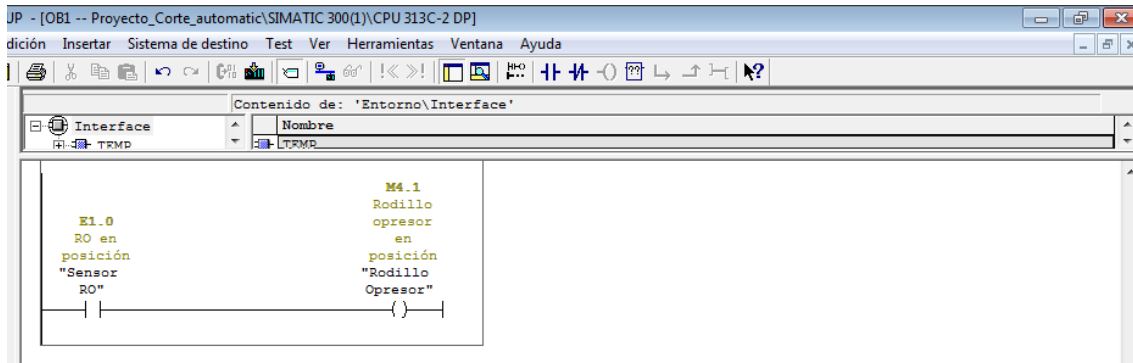


Figura 48. Sensor Rodillo Opresor llega a su posición

Fuente: Romero, E (2023)

En la figura 49 se puede observar que la salida electroválvula 1 en serie con el sensor del rodillo opresor activa un temporizador de 5 segundos, solamente cuando estas dos condiciones estén activas se activa la electroválvula 2 A1.3 la cual esta se encarga de meter el acople del motor central para tomar la barra con la bobina. (Ver figura 49). Seguidamente con electroválvula 2 activa y el sensor de acople mandando la señal en 1 indicando que si acoplo se prendera el motor central, el cual esta señal se dirige a un fusible con un contactor, este contactor queda en ON y prende el motor central, recordemos que este motor tiene una configuración previa por su variador Micromaster 440. (Ver figura 50).

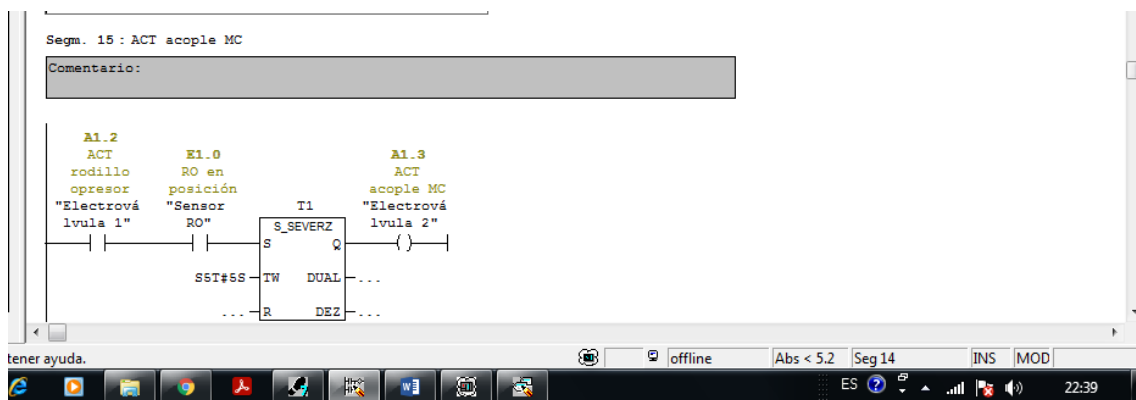


Figura 49. Electroválvula 1 activa la electroválvula 2

Fuente: Romero, E (2023)

Seguidamente que se activa el sensor de mitad de recorrido de la guía paralela, se coloca un timer por 3 segundos que activa el rodillo desviador generándolo en posición y esto con la guía paralela genera la tensión en la película para el corte de la película.

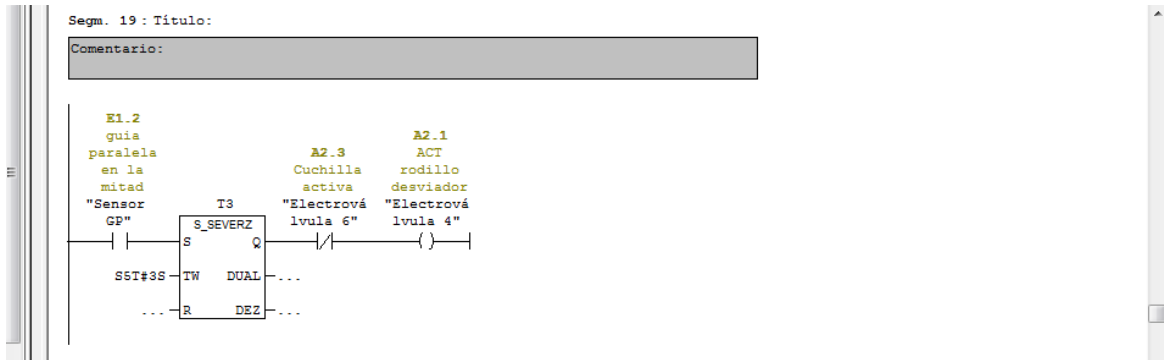


Figura 53. Activa el rodillo desviador.

Fuente: Romero, E (2023)

Cuando el rodillo desviador está en posición, lo refleja el sensor de posición de este rodillo el cual otro timer realiza la espera de 3 segundos para activar la electroválvula 5 el cual es SCR abajo. (Ver figura 54), y esta salida activa la electroválvula 6 que es la que acciona la cuchilla. (Ver figura 55).

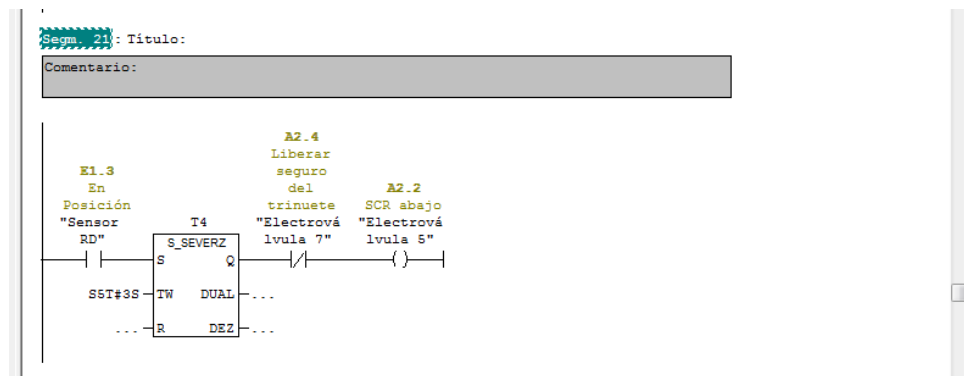


Figura 54. SCR abajo.

Fuente: Romero, E (2023)

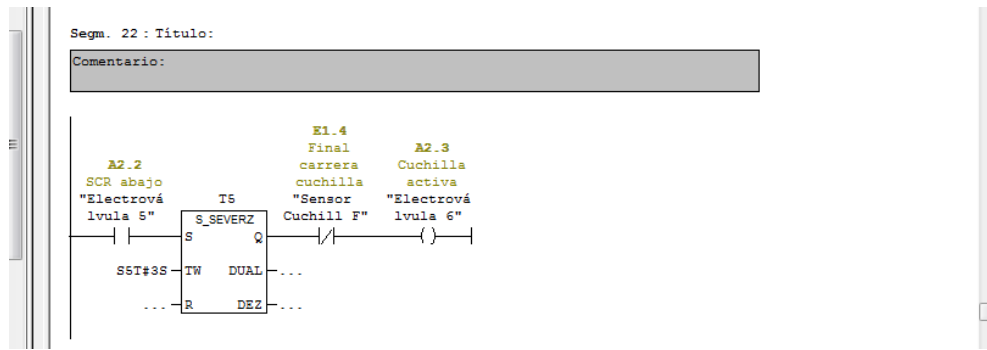


Figura 55.Cuchilla activa.
Fuente: Romero, E (2023)

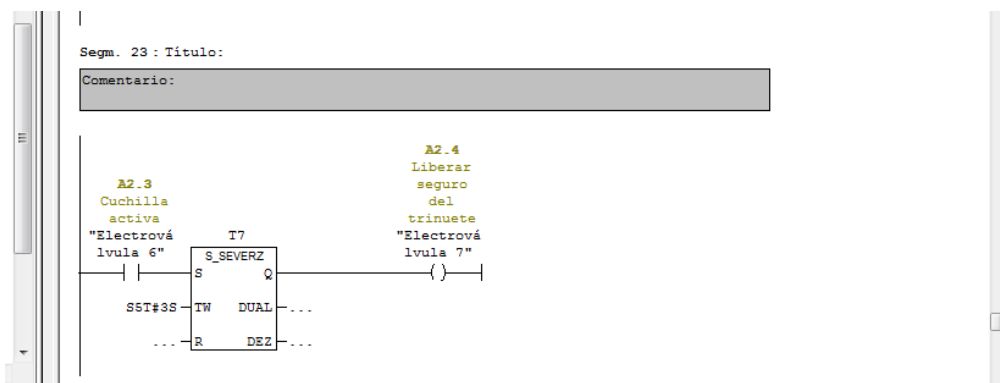


Figura 56. Desconexión de los trinquetes.
Fuente: Romero, E (2023)

Por último, la electroválvula 7 libera el seguro del trinquete, y hace la entrega de la barra hacia el bobinador, luego la guía paralela se viene hacia adelante para tomar la nueva barra, cuando la toma sube los brazos de entrega y suben los SCR cerrando así los trinquetes y dejando todo en posición para un nuevo ciclo de corte automático.

4.3.3.3 Simulación de la programación

En este apartado se estará presentando la simulación del programa diseñado en el STEP 7.

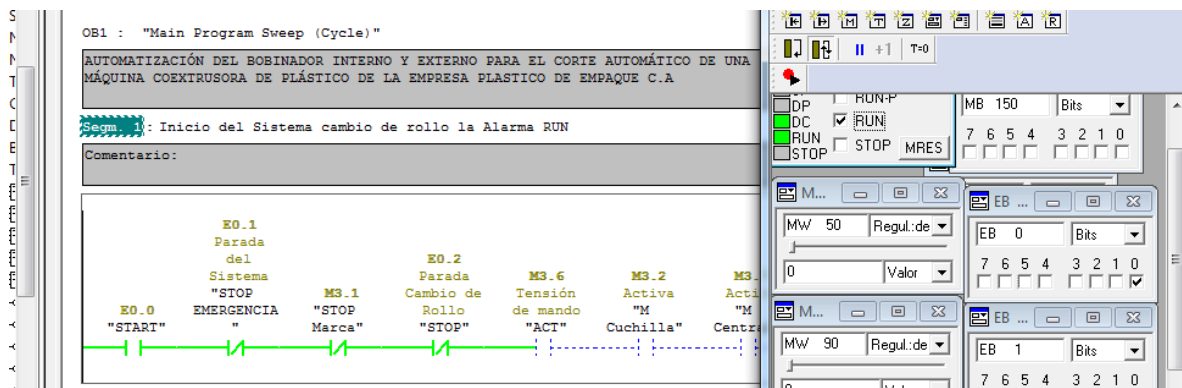


Figura 57. E0.0 Corte automático START.
Fuente: Romero, E (2023)

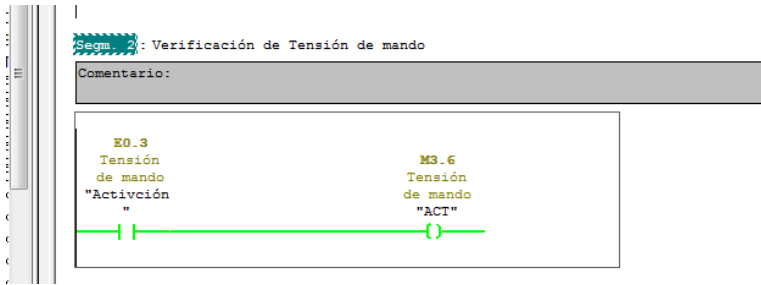


Figura 58. Verificación de Tensión de mando.
Fuente: Romero, E (2023)

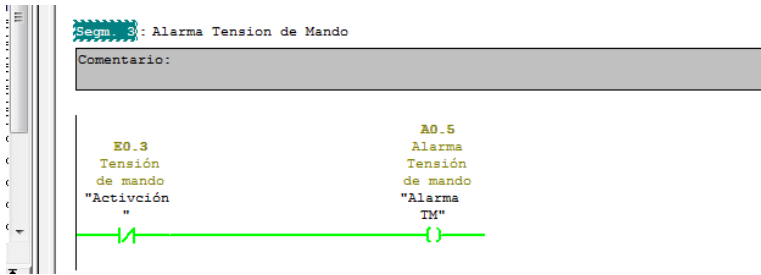


Figura 59. Tensión de mando no activa genera alarma.
Fuente: Romero, E (2023)

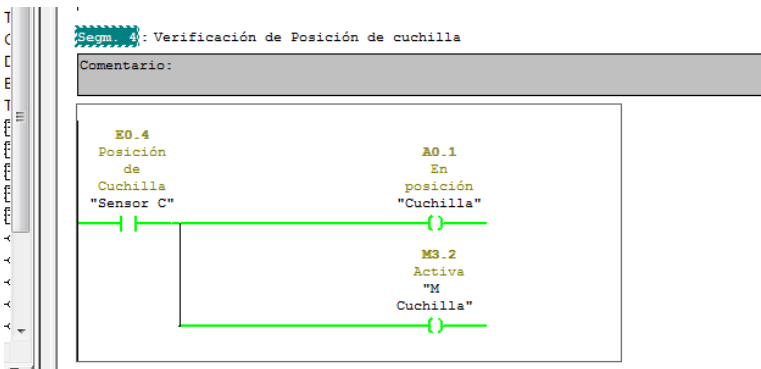


Figura 60. Cuchilla en posición.
Fuente: Romero, E (2023)

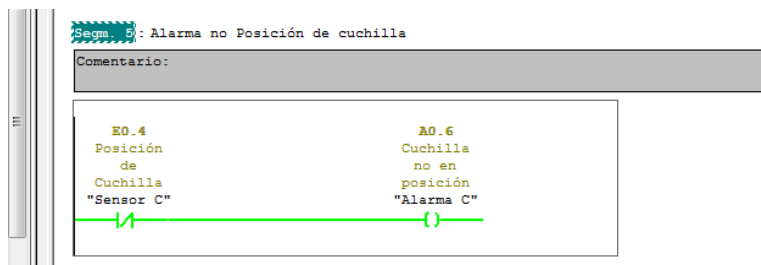


Figura 61. Alarma de Cuchilla no posición.
Fuente: Romero, E (2023)

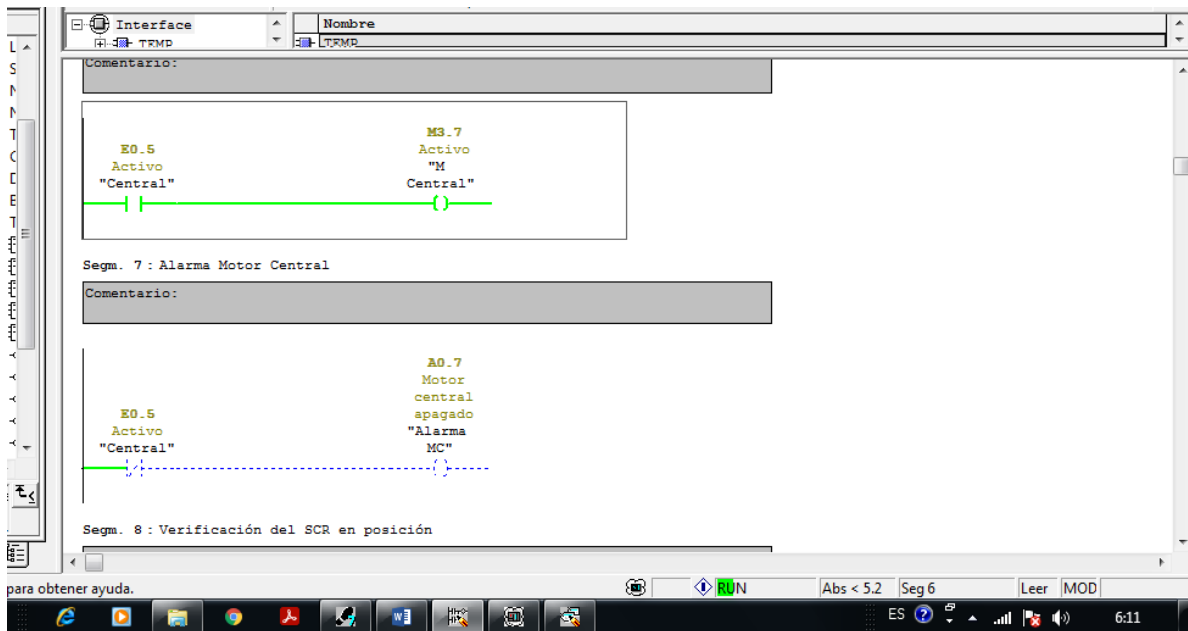


Figura 62. Central activo y alarma central.
Fuente: Romero, E (2023)

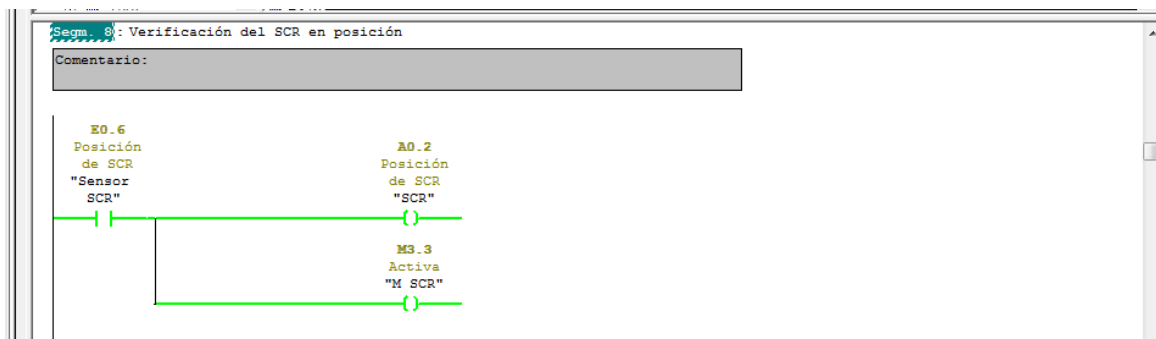


Figura 63. Posición SCR.
Fuente: Romero, E (2023)

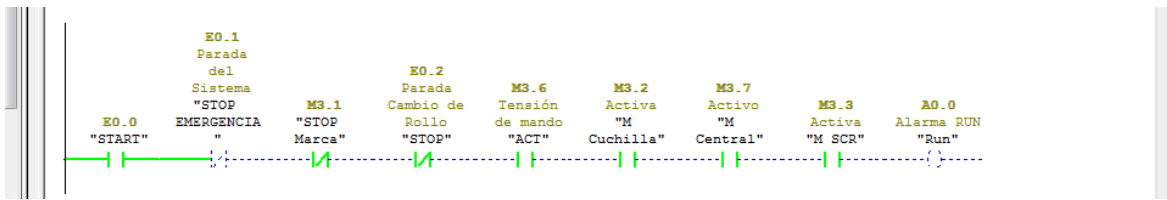


Figura 67. Activación del STOP de emergencia
Fuente: Romero, E (2023)



Figura 68. Rodillo opresor en posición.
Fuente: Romero, E (2023)

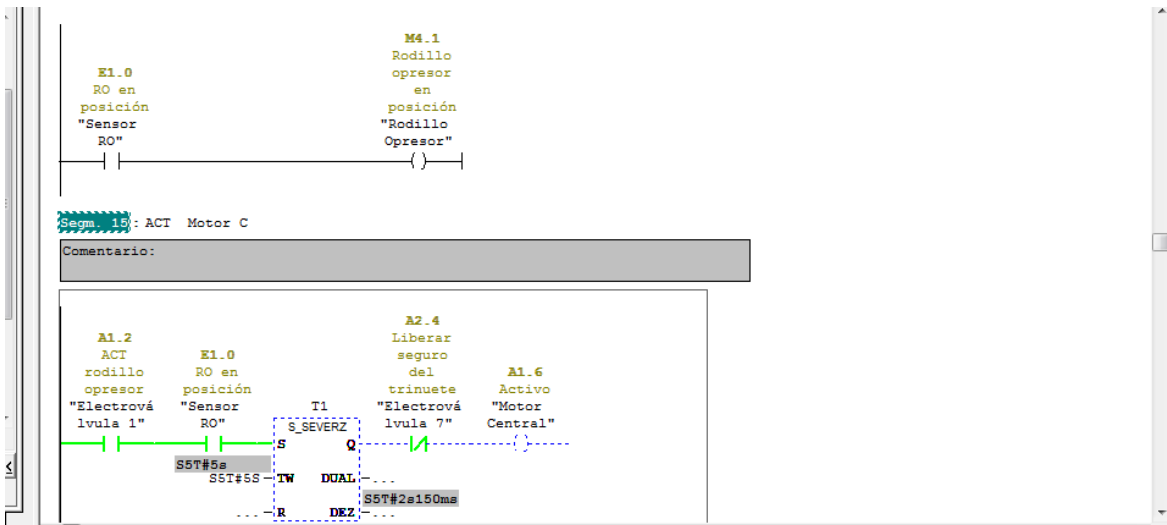


Figura 69. Activación del motor central.
Fuente: Romero, E (2023)

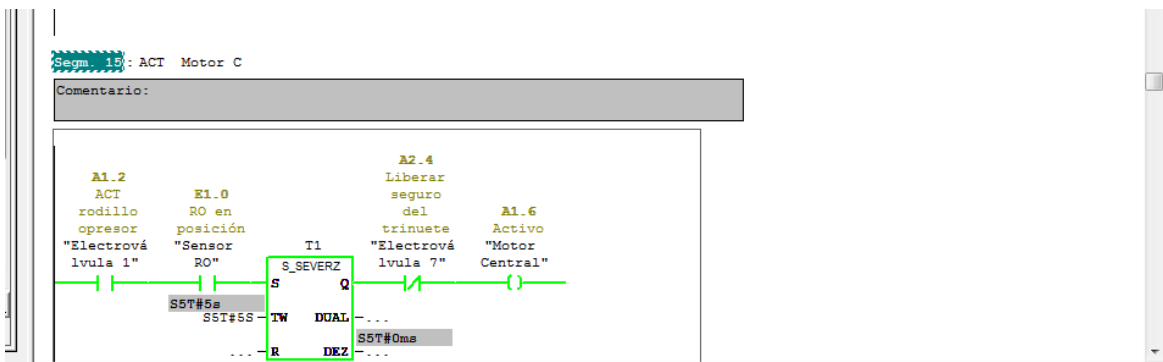


Figura 70. Motor central activo.

Fuente: Romero, E (2023)

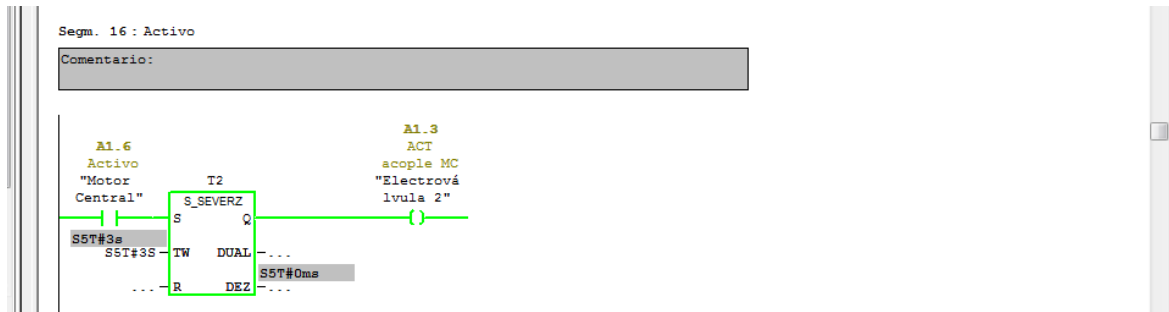


Figura 71. Salida electroválvula 2, acople en posición

Fuente: Romero, E (2023)

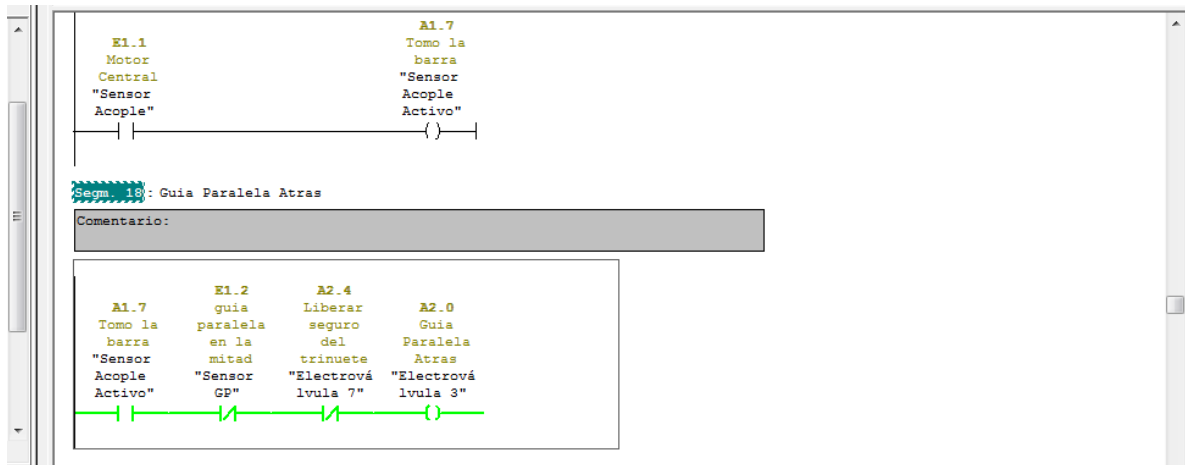


Figura 72. Guía paralela hacia atrás.

Fuente: Romero, E (2023)

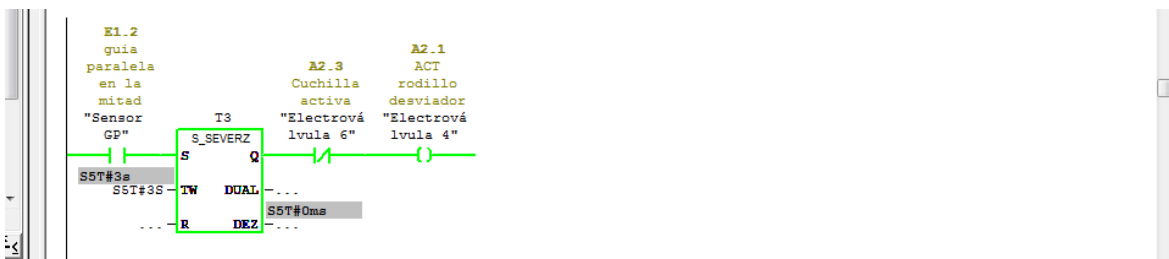


Figura 73. Se activa rodillo desviador.

Fuente: Romero, E (2023)

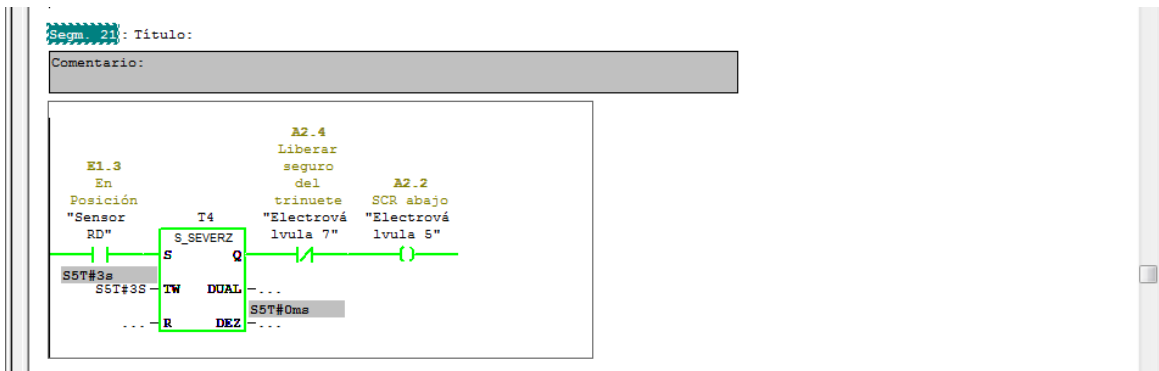


Figura 74. SCR abajo.
Fuente: Romero, E (2023)

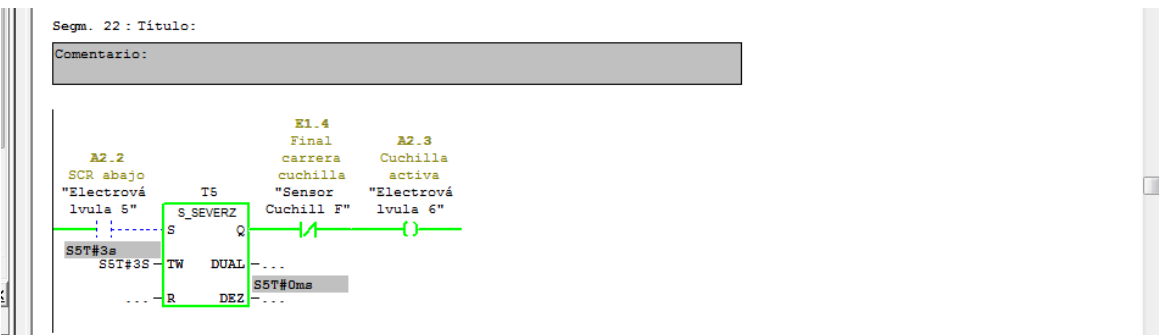


Figura 75. Se activa electroválvula de cuchilla de corte
Fuente: Romero, E (2023)

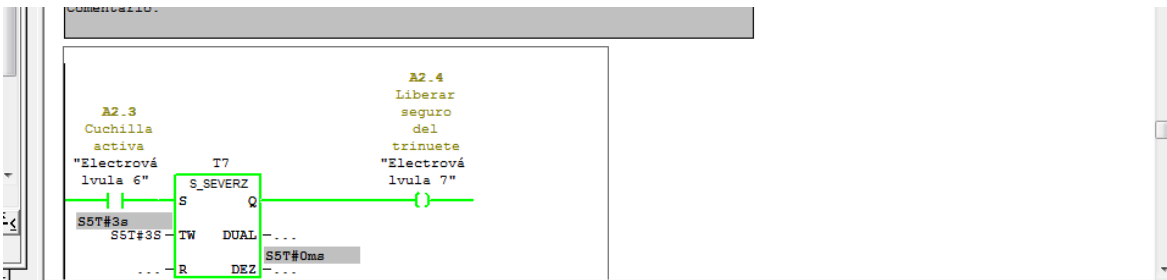


Figura 76. Activación de electroválvula de seguro del trinquete
Fuente: Romero, E (2023)

4.4 Fase IV: Realización de un estudio de factibilidad operativa, técnica, social y económica para la automatización del bobinador interno y externo para el corte automático.

4.4.1 Factibilidad operativa

La viabilidad operativa de este trabajo de grado, consiste en la automatización del bobinador interno y externo para el corte automático de una máquina Coextrusora de plástico, el cual este diseño mejora la calidad del producto terminado puesto que el corte de la película por estar en automático no va a tener irregularidades, a parte que mejora los tiempos de producción para la

fabricación de la película de plástico puesto que al generar el corte en automático el proceso es mucho más rápido que el manual, eficiente y eficaz, por otro lado disminuirá la tasa de error para el producto final, es por esto que al disminuir la tasa de error el desperdicio en la empresa disminuirá lo que traerá más rentabilidad para la organización.

El trabajo de grado cumple con la viabilidad operativa, ya que habrá mayor seguridad para el operador líder y ayudantes ya que el sistema está siendo completamente automatizado, este mismo puede contar con solo el operador líder para la verificación del producto terminado y dos ayudantes para cargar y desmontar los rollos fabricados.

4.4.2 Factibilidad técnica

La factibilidad técnica consiste en el funcionamiento del sistema, proyecto o idea, atendiendo a sus características tecnológicas y a las leyes de la naturaleza involucradas. La factibilidad técnica del presente trabajo de automatización del bobinador interno y externo para el corte automático de una máquina Coextrusora de plástico es viable ya que consta de un modelo funcional y completamente automatizado, por lo que este es mucho más óptimo y eficiente del proceso de corte manual que se opera en la empresa Plásticos de Empaques C.A.

4.4.3 Factibilidad social

Como se mencionó en el comienzo del presente trabajo de investigación, la automatización del bobinador interno y externo para el corte automático de una máquina Coextrusora de plástico es un proyecto óptimo y eficaz ya que repercute directamente en la disminución del desperdicio y aumenta la rentabilidad de la empresa. Sin embargo, este trabajo también se enfoca directamente en satisfacer las necesidades de los operadores líderes en planta ya que disminuirían los accidentes laborales en planta, hecho por el cual los operadores y ayudantes estaban preocupados, es por esto que realizar la implementación de este proyecto de grado repercutiría en mejoras significativas en la calidad de vida de todos los operadores y ayudantes que trabajan en la empresa.

En consecuencia, el presente trabajo de grado puede ser considerado como un proyecto social, ya que el mismo busca generar mejorar la calidad de vida de un grupo de trabajadores, en este caso en particular, los empleados de la empresa Plásticos de Empaque C.A. Existen distintos factores que permiten medir la viabilidad de un proyecto de este tipo, como la emergencia, el número de beneficiarios directos, soluciones y sostenibilidad.

- **Emergencia:** el no tener todos los procesos automatizados en planta como es el corte de la película de plástico puede traer graves consecuencias para los obreros, ya que pueden

generarse accidentes laborales como es cortarse las manos con cuchillas o hasta el trancamiento mecánico de un brazo por los bobinadores. Es por esto que de allí nace la importancia de trabajar en proyectos que busquen brindar soluciones a las necesidades de los trabajadores de la empresa en cuanto a su seguridad en planta.

- **Número de beneficiarios directos:** con la implementación del presente trabajo de investigación se verían beneficiadas un aproximado de 65 personas en plantas, de las cuales presentarían mejoras significativas en su calidad de vida por contar con una máquina Coextrusora de plástico óptimo y segura.
- **Soluciones:** el proyecto cumple con todos los objetivos planteados, por lo tanto, es una solución eficiente que servirá de gran ayuda a los empleados de la empresa Plásticos de Empaque.
- **Sostenibilidad:** los equipos y materiales que serán usados para realizar la automatización del bobinador interno y externo para el corte automático de una máquina Coextrusora de plástico requieren de un plan de mantenimiento preventivo en el cual indique fechas, horas de trabajo, y frecuencia de ejecuciones para mantener la máquina en condiciones óptimas y de esta manera resguardar los equipos.

4.4.4 Factibilidad Económica

A continuación, se definen los recursos monetarios necesarios para la adquisición de activos fijos tangibles e intangibles requeridos para el desarrollo y la puesta en marcha el proyecto.

4.4.4.1 Costos

Se requiere de una inversión inicial para conseguir los recursos necesarios para que el sistema pueda empezar a funcionar. Se detallará el costo de los equipos para la automatización del bobinador interno y externo para el corte automático de una máquina Coextrusora de plástico, a parte se evaluara el costo del personal necesario para el desarrollo del sistema, cabe destacar que los precios referenciales mencionados se tomaron de distintos proveedores, la mayoría de los precios presentados fueron obtenidos mediante pedidos de presupuestos en páginas web especializadas en la venta de equipos electrónicos y eléctricos industriales, algunas de ellas son nacionales y otras extranjeras. Se utilizaron presupuestos de Mercado Libre, Amazon, Ebay y otros. A continuación, se resumen estos diferentes gastos, clasificados en distintas categorías. (Ver tabla 11).

Tabla 11. Costo de Materiales

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL (\$)
1	SIMATIC S7-300, CPU 313 2DP CPU, 16 DI/16 DO Fuente de alimentación integrada 24V.	1	2905	2905
2	Módulo de entradas PLC SIMATIC S7-300 modelo: 6es7321-1bh02-0aa0	2	150	300
3	Módulo de salidas PLC SIMATIC S7-300 modelo: 6es7322-1bl00-0aa0	2	150	300
6	Contactador eléctrico 110 V, 12 Amp, marca chint	1	80	80
7	Manguera neumática #8	100 mtrs	100	100
8	Cable de control THW#18	100mts	60	60
9	Cable de potencia THW#10	100mts	100	100
10	Sensores capacitivos marca Autonics	10	40	400
			TOTAL	4245 \$

Fuente: Romero, E (2023)

4.4.4.2 Presupuesto del personal

El proyecto se llevará a cabo por dos Ingenieros, uno en control y uno en electrónica; un asistente técnico y 2 ayudante para la instalación eléctrica, neumática, mantenimiento de electroválvulas y cilindros neumáticos, así como la limpieza del tablero y ajuste de contactos. Este trabajo consta de 8 días hábiles, 8 horas diarias. El Ing. Electrónico y control diseñaran el programa, planos eléctricos y neumáticos en 2 días hábiles trabajando 8 horas diarias, seguidamente el 3 día ejecutaran la instalación de PLC y funcionamiento con el equipo de trabajo. De ser preciso por la empresa un inspector de seguridad será añadido al costo del personal. La tabla 12 muestra el costo de personal.

Tabla 12. Costo del personal

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL (\$)
1	Ing. Electrónico	Horas	24	35	840
2	Ing. Control	Horas	24	35	840
3	Asistente técnico	Horas	40	2,5	100
4	Ayudante	Horas	40	1,5	60
5	Ayudante	Horas	40	1,5	60
				TOTAL	1900 \$

Fuente: Romero, E (2023)

En la tabla 13 se puede observar la propuesta de control y conceptos del personal encargado del proyecto.

Tabla 13. Tabla de Conceptos del personal

Personal	Característica
Instalación eléctrica	Recableado a sensores y controlador Ponchado, etiquetado de control Instalación de los equipos de control y armado del gabinete de control Canalización de la tubería de instrumentación Interconexión del gabinete de control con el arrancador de fuerza Mantenimiento eléctrico de electroválvulas. Mantenimiento de cilindros neumáticos. Mantenimiento del tablero eléctrico. Verificación de las conexiones eléctricas.
Ingeniería	Supervisión de instalación Diseño del programa de automatización Planeación de las actividades diarias Programación de mantenimiento preventivo para los equipos y máquina. Instalación del SIMATIC S7-300 Puesta en marcha de la máquina. Establecer las secuencias de operación necesarias. Pruebas de operación con el operador líder.

Fuente: Romero, E (2023)

En la tabla 14 se muestra el costo total del proyecto.

Tabla 14. Costo Total del Proyecto

Costo total de materiales	Costo total de mano de obra	Costo total del proyecto	Costo total con IVA (16%)
4.245\$	1900\$	6.145\$	7.128,2\$

Fuente: Romero, E (2023)

El presupuesto calculado es por bobinador, si se realiza la automatización de los dos bobinadores el total sería de 14.256,4\$

4.4.4.3 Detalles de los Beneficios

Beneficios Tangibles

Al dejar el corte totalmente en automático los operadores de la máquina estarían eliminando el Refile que es la limpieza del rollo más falla de corte, siendo muy optimistas se podría eliminar el desperdicio completamente pero para este estudio tomamos un factor error que puede ocurrir de al menos 5% de este desperdicio siendo de refile más falla de corte, entonces si observamos la siguiente tabla del año 2022 que indica la producción y desperdicio y realizamos una proyección igual de la tabla 15 pero colocando el desperdicio de refile más falla de corte en un 5% obtendremos lo siguientes (ver tabla 16).

Tabla 15. Producción y desperdicio de los últimos 5 meses

Mes	Producción	Desperdicio	% Desperdicio	Refile + Falla de Corte	%
Agosto	220000	58310	26,50454545	23891	40,972389
Septiembre	298561	70564	23,63470112	34897	49,454396
octubre	189000	39642	20,97460317	18795	47,4118359
Noviembre	152897	34892	22,82059164	13589	38,9458902
Diciembre	130000	30542	23,49384615	13600	44,5288455
TOTAL	990.458	233.950	23,679	24679,1	44,1011038

Fuente: Romero, E (2023)

Tabla 16. Producción y desperdicio de los últimos 5 meses con 5%

Mes	Producción	Desperdicio	% Desperdicio	Refile + Falla de Corte (5% del total)	%
Agosto	220.000	35613,55	16,18797727	1194,55	3,35
Septiembre	298.561	37411,85	12,53072236	1744,85	4,66
octubre	189.000	21786,75	11,52738095	939,75	4,313
Noviembre	152.897	21982,45	14,37729321	679,45	3,0908
Diciembre	130.000	17622	13,55538462	680	3,858
TOTAL	990.458	134.416,6	13,5711	5238,6	3,8972

Fuente: Romero, E (2023)

Entonces obtenemos que el costo de venta por Kg de película de plástico producido es de 4,5\$ es el valor actual mínimo de venta en la empresa, entonces se realizar la siguiente tabla de comparación de costos.

Tabla 17. Venta y perdida de los últimos 5 meses del año 2022

Total de Producción	Total de Desperdicio	Venta de producción \$	Perdida de Desperdicio \$
990.458	233.950	4.457.061	1.052.775\$

Fuente: Romero, E (2023)

Tabla 18. Proyección de venta y perdida de los últimos 5 meses del año 2023

Total de Producción	Total de Desperdicio	Venta de producción \$	Perdida de Desperdicio \$
990.458	134.416,6	4.457.061	604.874,7\$

Fuente: Romero, E (2023)

En conclusión, se puede observar que:

- Disminución del desperdicio en un período de 5 meses es **447.900,3\$**
- Por otro lado, al realizar un corte en óptimas condiciones la calidad del producto aumenta y el rechazo de los mismos sería ninguno, sin embargo, este factor no puede ser cuantificado por falta de información en rechazo de producto terminado.

Total de Beneficios Tangibles: **447.900,3\$**.

Beneficios Intangibles

- Proceso completamente automatizado.

- Obreros más satisfechos.
- Mejores condiciones de trabajo en parte de seguridad.
- Clientes más satisfechos al mejorar la calidad del producto final.

Para que el proyecto sea factible se tiene que calcular los beneficios netos del sistema a automatizar con la siguiente ecuación:

$$\mathbf{Beneficios\ netos = Total\ de\ beneficios - Costo\ total}$$

Entonces, para el costo total del proyecto por máquina debe ser aplicado a los dos bobinadores tanto el interno como el externo dando el total del 14.256,4\$ Si este mismo es aplicado a las 3 máquinas Coextrusoras faltantes por corte automático de las mismas sería un total de inversión de 42.769,2\$.

Por último, aplicando la formula queda de la siguiente manera:

$$\mathbf{Beneficios\ netos = 447.900,3\ \$ - 42.769,2\$}$$

$$\mathbf{Beneficios\ netos = 405.131,1\ \$}$$

Siendo el Beneficio neto calculado y dando este un número mayor a cero se dice que el proyecto a implementar es factible, ya que los beneficios netos que adquiera la empresa son mayores al costo de implementación, esto siendo un proyecto de inversión muy bajo al ahorro que estaría dando a la producción mencionado así que solo con un mes de implementación el mismo proyecto sería totalmente pagado y generando ganancias. Por otro lado, se demostró que el desperdicio en total bajaría en un 13% y la organización tiene un colchón hasta del 25% puesto que le daría más rentabilidad a la Empresa Plásticos de Empaque.

CONCLUSIONES

A continuación, se presentan las conclusiones más resaltantes del estudio realizado, así como las recomendaciones para futuras investigaciones, con el propósito de avanzar en el diseño de la automatización del bobinador interno y externo para el corte automático de una máquina Coextrusora de plástico en la Empresa Plásticos de Empaque C.A.

El desarrollo de este trabajo de grado se aplicaron los conocimientos adquiridos en la carrera de Ingeniería Electrónica mención control y automatización, siendo esta carrera unos de los pilares más importantes en el campo industrial.

- El trabajo de grado realizado, cumple con el objetivo principal planteado, el cual es proponer el diseño poder realizar el diseño de la automatización del bobinador interno y externo para el corte automático de una máquina Coextrusora de plástico en la Empresa Plásticos de Empaque C.A.
- El sistema planteado en este proyecto de investigación ofrece un sistema más eficiente para realizar los procesos del sistema automático de corte de los bobinadores y estos cumplen con las especificaciones para mejorar la calidad de producto que ofrece la empresa, por otro lado, disminuye pérdidas en la empresa hacer un control más óptimo y eficaz.
- Se utilizó un controlador lógico programable que cumple con las necesidades del proyecto desarrollado, gracias a los diferentes dispositivos que conforman toda la familia SIMATIC S7-300.
- Se demostró por la factibilidad económica que el desperdicio en total bajaría a un 13%, en lo que daría más rentabilidad a la empresa. Por otro lado, aplicando el proyecto se demostró que el ahorro sería de **405.131,1 \$** si este mismo es implementado en 3 Coextrusoras.
- Por otro lado, con la ayuda de los operadores se evidenció que con la implementación de este proyecto los riesgos laborales disminuirían y los mismos estarían con más confianza de realizar su trabajo.

RECOMENDACIONES

- La principal recomendación es la implementación del sistema propuesto en el presente trabajo de investigación, ya que con esto bajara el desperdicio de la producción en la Empresa Plásticos de Empaque.
- Instalar sensores o barrera de seguridad para impedir el acceso al área de corte.
- Diseñar una Interfaz SCADA que permita la visualización de todas las variables del sistema en tiempo real.
- Actualizar la interfaz HMI de manera que sea táctil para su mejor manejo.
- Realizar la programación de un sistema de registro de usuarios, que permita tener distintos accesos por operadores.
- Realizar una base de datos para un registro de alarmas de la máquina, con el fin de ajustar el plan de mantenimiento preventivos de las máquinas.
- Hacer un sistema analógico en paralelo al HMI, como respaldo al haber una falla en el panel.

REFERENCIAS

Bibliográficas

- Aguiar, M (2012). **Sistemas de inyección**. Recuperado en:
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/1335/1/108T0005.pdf>
- Aguilera, P (2016). **Programación de PLC**. Recuperado en:
<https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/9294/ContrerasHurtadoJuanJose2013.pdf;jsessionid=8B8F6719F0983D83E2EA5922851F8A89?sequence=2>
- Arévalo, A y Castaño, A. (2022). **Automatización de un bobinador de película plástica**. Bogotá, Colombia. Recuperado en:
<https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/30619/Casta%c3%blOGomezAndresFelipe2022.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Arias, F. (2010). **El proyecto de investigación: Introducción a la metodología científica**. 3ra Edición. Caracas: Editorial Episteme.
- Arias, F. (2012). **El proyecto de investigación. Introducción a la metodología científica**. Caracas: Editorial Episteme.
- Hurtado, J. (2010). **El proyecto de investigación**. Caracas: Editorial Quirón.
- León, P. (2015). **Redes de Comunicación**. Editorial: Mc Graw- Hill. España.
- Marcano, M. (2011). **Extrusión de Plástico y tecnología de plástico**. Recuperado en:
<https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/20768>
- Martins, M. (2020). **Automatización del sistema de supervisión y control para el proceso de inyección de la Empresa Plastienvases H.H**. Carabobo, Venezuela. Editorial UJAP.
- Mendoza, A. (2017). **Diseño e implementación de un prototipo de red privada virtual en capa 3 utilizando Cisco IOS para la Universidad Nacional del Altiplano**. Quito, Perú. Editorial Politécnica Nacional.
- Mijares, H y García, L. (2007). **Normas para la Elaboración y Presentación de los Anteproyectos, Proyectos y Trabajos de Grado**. Carabobo: Editorial UJAP.
- Mora, M (2010). **Estructura básica de los osciloscopios analógicos y digitales**. Recuperado en:
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/1335/1/108T0005.pdf>
- Palella y Martins (2010). **Metodología de la investigación cualitativa**. Caracas: Editorial Fedupel. Segunda Edición.

- Pérez, M. (2012). **Distintos procesos de inyección**. México. Editorial BMJ.
- Quitiaquez, S (2021). **Diseño y construcción de un prototipo de máquina extrusora para fundir plástico Pet reciclable con capacidad de 5kg/h**. Quito, Perú. Recuperado en:
<https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/20768>
- Sabino, C. (1996). **Introducción a la Metodología de Investigación**. Caracas: Editorial: Panapo.
- Stallings, W. (2004). Comunicaciones y redes de computadoras. Editorial: Prentice-Hall. México.
- Tamayo, M. (2003). **El proceso de la investigación científica**. 3ra edición. México: Editorial Limusa.
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/1335/1/108T0005.pdf>
- Tigrero, O (2015). **Diseño y construcción de un SCADA para el control y supervisión de proceso de inyección para materiales plásticos**. Recuperado en:
<https://repository.DiseñoYconstrucciondeunSCADa.pdf;jsessionid=8B8F6719F0983D83E2EA5922851F8A89?sequence=2>
- Windmoller, H (2020). **Manual de instrucciones original Optimex 55528**. 4ta Edición. Editorial: Extrusión printing converting

ANEXOS

ANEXO A. Formulario Metodológico



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

ESTIMADO PROFESOR (A):

Seguidamente se le presenta un guion de entrevista que va dirigido a los empleados de turno de la Empresa Plásticos de Empaque C.A ubicada en la calle General Arismendi, avenida Hans Neumann, en la Urbanización Industrial el Bosque La Isabelica, Valencia estado Carabobo los cuales son un total de (10) personas; las respuestas que se obtendrán a la aplicación de este instrumento recolección de datos vas a permitir la consecución satisfactoria del objetivo específico uno (1) de la investigación, que se denomina diagnosticar la situación actual del proceso de corte de una película de plástico en las máquinas Coextrusoras, de tal manera que permita obtener información de una fuente confiable. Por lo que se solicita a usted de sus buenos oficios para la validación de este instrumento dada su formación académica y experiencia en el ramo industria y académico.

A tal efecto se anexa el cuadro técnico metodológico, el guion de entrevista y el formato de validación

AUTOR:

Romero Villamizar, Eliezer Josué
C.I.: 17.315.452

TUTOR:

MSc. Pérez, José
C.I.: 8.829.908

ANEXO B. Cuadro técnico metodológico



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

CUADRO TÉCNICO METODOLÓGICO

OBJETIVO GENERAL: Proponer el diseño de la automatización del bobinador interno y externo para el corte automático de una máquina Coextrusora de plástico.

OBJETIVO ESPECÍFICO 1	VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADORES	ÍTEMS
Diagnosticar la situación actual del proceso de corte de una película de plástico en las máquinas Coextrusoras	Estudio de proceso	Diagnóstico	Proceso de Corte Automático en los bobinadores	1
			Importancia del corte automático en los bobinadores	3
			Desperdicio de producción	4
			Seguridad laboral	5
			Beneficio	7
	Estudio de la línea	Proceso del corte manual en los bobinadores	2	
	Personal Capacitado	Curso para la operación del corte en automático	6	

ANEXO C. Instrumento de recolección de datos



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

INSTRUCCIONES PARA LA GUIA DE ENTREVISTA
--

- | |
|---|
| <ul style="list-style-type: none">• Indique su función dentro de la empresa• Proceda a leer detenidamente cada una de las preguntas• Responda de manera objetiva• En caso de dudas, consulte con la persona encargada de aplicar el cuestionario |
|---|

Objetivo: Diagnosticar la situación actual del proceso de corte de una película de plástico en las máquinas Coextrusoras.

N°	Guion de entrevista
1	¿En su opinión, considera usted que el corte automático de los bobinadores es indispensable para un proceso eficiente?
2	Desde su experiencia en el ramo industrial ¿considera usted que el corte manual de los bobinadores es un proceso que puede afectar la producción?
3	Desde su experiencia, podría usted describir la importancia que los bobinadores estén operativos con corte automático
4	Desde su experiencia en el ramo industrial, podría describir usted la situación actual que se presenta en los cortes en los bobinadores de la empresa
5	Desde su experiencia en la industria puede describir, que el no tener corte en modo automático es un riesgo de seguridad laboral
6	En su opinión estaría dispuesto a pertenecer a un curso donde den las instrucciones para poder realizar el corte en modo automático en caso de que este se encuentre operativo.
7	En su opinión, ¿considera usted que bajar el desperdicio en la orden de producción generaría algún beneficio para su trabajo?



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO (GUIÓN DE LA ENTREVISTA)

Coloque con una (X), en la alternativa que corresponda según opinión sobre los aspectos planteados, anote las observaciones que considere necesario en el recuadro destinado para ello.

Ítems	Redacción de Ítems			Pertinencia de los objetivos		Observaciones
	Clara	Confusa	Tendenciosa	Pertinente	No pertinente	
1	✓			✓		
2	✓			✓		
3	✓			✓		
4	✓			✓		
5	✓			✓		
6	✓			✓		
7	✓			✓		

Fecha: 10/05/2023



Firma del Especialista:

Breve descripción del perfil académico del Especialista:	ING. MECÁNICO ESP. EN AUTOMATIZACIÓN MSc EN MANUFACTURA Y MATERIALES Dr. EN EDUCACIÓN
--	--



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO (GUIÓN DE LA ENTREVISTA)

Coloque con una (X), en la alternativa que corresponda según opinión sobre los aspectos planteados, anote las observaciones que considere necesario en el recuadro destinado para ello.

Ítems	Redacción de Ítems			Pertinencia de los objetivos		Observaciones
	Clara	Confusa	Tendenciosa	Pertinente	No pertinente	
1	X			X		
2	X			X		
3	X			X		
4	X			X		
5	X			X		
6	X			X		
7	X			X		

Fecha: 10/05/2023


Firma del Especialista:

Breve descripción del perfil académico del Especialista:

Ingeniero Civil



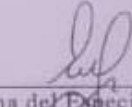
REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO (GUIÓN DE LA ENTREVISTA)

Coloque con una (X), en la alternativa que corresponda según opinión sobre los aspectos planteados, anote las observaciones que considere necesario en el recuadro destinado para ello.

Ítems	Redacción de Ítems			Pertinencia de los objetivos		Observaciones
	Clara	Confusa	Tendenciosa	Pertinente	No pertinente	
1	✓			✓		
2		✓		✓		Reformular
3	✓			✓		
4	✓				✓	
5	✓			✓		
6	✓			✓		
7	✓			✓		

Fecha: 10/05/2023


Firma del Especialista:

Breve descripción del perfil académico del Especialista:

Ing. Electrónico
Esp. Automatización Procesos Industriales
MSc Ing. Eléctrica

ANEXO E. Presupuestos Componentes (PLC-CPU-FUENTE DE POWER).



Señores:

OFERTA N° CotiCind 2022005_002

De acuerdo a su solicitud tenemos el agrado de ofertarles lo siguiente:

SUMINISTRO DE PLC S7 300

partida	DESCRIPCIÓN	TOTAL (\$)
1	<p>SIMATIC S7 300, CPU 313 2DP CPU 16 DI/16 DO, 3 CONTADORES RAPIDOS (30K2). INTERFASE DP INTEGRADA ALIMENTACION 24 VDC. NOTA: SE NECESITA MICRO MEMORI CARD</p>	2.905

COSTO TOTAL -----

\$2.905

TIEMPO DE ENTREGA: INMEDIATO

CONDICIONES DE PAGO: PAGO ANTICIPADO

IMPORTANTE: AL MONTO DE ESTA OFERTA SE LE DEBERÁ AGREGAR EL I.V.A.
 EN ESPERA DE SU POSITIVA RESPUESTA QUEDO DE Uds.


 Ing. Jorge Parra
 Director SIEICCA

Figura 77. Presupuesto SIMATIC S7-300
 Fuente: Romero, E (2023)