

Prototipo de un sistema de control automático para la máquina cortadora de bobinas de papel marca Premier modelo KSSM60 en la empresa CYMACOSTA S.A.S.

Orlando Javier Avendaño Montenegro: 23551924054, Manuel David Vega Colorado: 23552015455

Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica.

Tecnología en Mantenimiento Electromecánico Industrial

Universidad Antonio Nariño, Santa Marta

oavendano23@uan.edu.co, mvega72@uan.edu.co

Directora Ingeniera Maira Cecilia Gasca Mantilla

magasca@uan.edu.co

RESUMEN

En las empresas industriales y en especial de manufactura, utilizan en sus diferentes equipos tanto sencillos como especializados con la finalidad de generar impacto comercial en los sectores de su actividad, como es el caso, de la fábrica CYMACOSTA S.A.S. es una empresa dedicada a la fabricación de diversas cajas para la comercialización y exportación de productos agrícolas, especialmente el banano, se encuentra ubicada en Santa Marta en el departamento del Magdalena, Colombia. La empresa posee diversidad en sus diferentes procesos tales como corrugadoras, empalmadores, flexográficas y diferentes tipos de cortadoras longitudinales y transversales, dentro de este grupo se encuentra la cortadora de bobinas de papel marca Premier modelo KSSM60, donde se cortan los pliegos o cartulinas que se utilizan en el empaque del banano para proteger la fruta en los orificios inferiores de la caja. Actualmente la máquina funciona con un control manual donde el operador debe realizar la tarea de ajuste de las medidas de los pliegos, adecuando manualmente las velocidades del cilindro de corte y el de las bandas que transportan el papel en la máquina, lo que genera continuas pérdidas de materia prima por el alto número de pliegos con medidas no conformes. Esta investigación tiene como propósito presentar un prototipo para el sistema de corte de la máquina, que permita verificar la viabilidad de implementar un sistema de control con PLC y una Interfaz de operador o HMI para controlar el corte automáticamente. Para optimizar el proceso de producción y reducir considerablemente el desperdicio que se genera actualmente.

PALABRAS CLAVE: PLC, HMI, Máquina, Control, Automatización.

I. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

La automatización de los procesos industriales constituye uno de los más importantes objetivos de

las empresas en la búsqueda de un entorno competitivo planteando nuevos métodos y estrategias que le propinen una evolución positiva y trascendente en sus procesos manufactureros. Debido a esto todas las empresas se ven sometidas a grandes y rápidos procesos de mejoras continuas para cumplir a satisfacción las demandas cambiantes y agresivas del mercado [2]

A nivel mundial, la automatización de los procesos industriales, se ha convertido en un tema imprescindible para el desarrollo y crecimiento de los diferentes sectores de la economía. Su implementación ha dado grandes resultados, entre los que se pueden mencionar: aumento en la productividad, mayor confiabilidad y mejor rendimiento de los equipos. En Colombia muchas empresas han implementado mejoras continuas en sus equipos de producción, permitiendo el aprovechamiento práctico del conocimiento científico, empleando la tecnología al servicio de los procesos industriales, utilizando dispositivos eléctricos y electrónicos como, por ejemplo, los Controladores Lógicos Programables PLC, que supervisan, controlan y ejecutan tareas relacionadas con la automatización industrial.

Este prototipo que se propone construir para la máquina cortadora rotativa tiene como objeto implementar un sistema de control automático para controlar el corte de los pliegos, que permita optimizar el proceso de producción, reduciendo los costos y aumentando la productividad, disponibilidad, confiabilidad y rendimiento de la misma. Además, el sistema cuenta con una HMI (Interfaz Hombre-Máquina) que permitirá al

operador ingresar los datos de la orden, controlar y monitorear el estado de la máquina.

La meta es conseguir una mayor exactitud en el corte de los pliegos de papel manteniendo una velocidad constante en el proceso. El prototipo permite demostrar los beneficios de implementar sistemas automáticos en los procesos de producción, teniendo en cuenta que la implementación de nuevas tecnologías en los entornos industriales ha permitido que muchas empresas a nivel mundial hallan logrado avances significativos en el camino de mejorar la eficiencia de sus equipos y los estándares de calidad.

Dentro de algunos antecedentes a nivel nacional e internacional de empresas que han presentado inconvenientes en los procesos productivos por no contar con equipos automatizados, se pueden mencionar los siguientes:

El trabajo realizado por el estudiante Luis Alberto Lifoncio Taipe de la escuela académica profesional de ingeniería eléctrica, titulado “*Sistema de control automático para reducir pérdidas de mineral en el proceso de molienda de la Planta Outstanding Mining*”. Este proyecto se realizó utilizando una metodología de investigación de campo donde se recopilaron datos directamente de la realidad que permitieron obtener información directa en relación al problema que se presentaba en el proceso de producción, debido al sistema de control manual que controlaba la máquina y a la inestabilidad de las variables del proceso (tonelaje, flujo, presión, densidad) que generaban rebose y derrame a la salida del molino obteniendo la empresa pérdidas de material por esta causa. Debido a esta situación se diseñó el control de un sistema eléctrico automatizado para controlar el molino y reemplazar el trabajo manual que se realizaba en el control de las variables del proceso, para incrementar la eficiencia, la productividad y la fiabilidad en sus operaciones [9]. Por tal motivo se propuso la construcción del prototipo de la máquina cortadora rotativa para demostrar el funcionamiento de un sistema de control automático que permita desde una interfaz de operador o HMI, editar la medida del largo del pliego, y que la máquina automáticamente ajustará todos los parámetros para producir los cortes con la medida deseada, optimizando el proceso en los cambios de orden, los cuales se realizaron en un menor tiempo.

Del mismo modo, el estudiante Germán Daniel Moreno Jaramillo, de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, en su trabajo de grado “*Análisis y propuesta de un sistema de control semiautomático para la máquina micro corrugadora de la empresa Grupasa S.A*” localizada en Guayaquil, Ecuador. Realizo su proyecto teniendo en cuenta los problemas existentes en el proceso del micro corrugado de cartón, utilizando un estudio de campo donde Recolecto datos de la realidad del proceso y al estudiarlos pudo identificar las variables que son necesarias controlar para automatizar la máquina y poder dar solución a los inconvenientes presentados, obteniendo un mejor control en el montaje y alineación de los rollos de papel en la unidad de los brazos elevadores, utilizando un PLC, dispositivos de mando y control, sensores, actuadores y la estructura mecánica existente en la máquina [5]. Este trabajo aporta conceptos que permiten entender el cómo se debe realizar un proceso de mejora en un equipo con características repetitivas e integrar aplicaciones que sustituyan las operaciones manuales que realiza el operador en la máquina.

De igual modo, los estudiantes Wilson Ferley Flórez Cano y Frederson Olaya Velásquez del Instituto Tecnológico Metropolitano, 2017 en su tesis “*Diseñar e implementar un control de velocidad automatizado de una decantadora en la línea de visceras de una empresa de renderig*” en la empresa colombiana Agrosan, dedicada a la producción de harinas y sebos de origen animal. Analizando los problemas presentados en el proceso de producción, debido a velocidades no sincronizadas en equipos de una misma línea productiva, que causaban continuas paradas no planificadas, generando pérdidas económicas para la empresa. Se diseñó un nuevo sistema automatizado para el control de velocidad con el objetivo de proveerle al sistema una velocidad constante, utilizando dispositivos eléctricos y electrónicos disponibles en el mercado regional, eliminando la dependencia de la asistencia técnica que tiene la empresa del proveedor de la máquina procedente de un país norte americano [16].

Por otro lado, los estudiantes Nicolle Stephany Nieto Huertas y Santiago Garzón Ladino, de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas en el 2020 en su tesis titulada “*Diseño de un sistema automatizado para el proceso de aplicación de pintura en filtros sellados de aceite y combustible para la empresa Filtros Master S.A.*” en Colombia,

ubicada en el Departamento de Cundinamarca en la ciudad de Bogotá, empresa dedicada a la fabricación de filtros de aceite, de combustibles y de aire. En esta se recopilaron datos directamente del proceso productivo que permitieron obtener información directa de los equipos en relación al problema que se presentaba por pérdida de materia prima generada en el proceso de aplicación de la pintura. Se diseñó un sistema de control con un enfoque automatizado con el objetivo de ejercer un trabajo menos tedioso y mejoras en la calidad de los productos, manteniendo el requerimiento de producción y logrando la mínima intervención humana en los procesos [10].

Los resultados de estos proyectos permiten afirmar que con la implementación de sistemas de control automáticos se logran mejoras continuas en la calidad de los productos, manteniendo el requerimiento de producción diaria con la mínima intervención del recurso humano en los procesos. Ciertamente la modernización de los sistemas automáticos de control, permiten avances significativos en los procesos de producción [7]. Siendo esta la razón principal que obliga a implementarlo en la cortadora de pliegos que pretende minimizar las pérdidas del material por defectos en la medida de los pliegos.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La fábrica CYMACOSTA S.A.S. es una empresa dedicada a la fabricación de cartón prensado de varias capas, con el cual se hacen cajas para el embalaje, transporte y comercialización de productos agrícolas como el banano. Se encuentra ubicada en la Troncal del Caribe, Vía Gaira Km 2 Zona Industrial, Santa Marta, Magdalena, Colombia, observada en la figura 1.



Fig.1. Planta industrial Cymacosta, Google Maps.

Las cajas de cartón para el empaque del banano, constan de tres partes principales, una base o fondo troquelada (cortada con la forma que se desea

adquirir la caja), una tapa troquelada y una hoja o pliegos perforado cuya función en el empaque es proteger la fruta por las aberturas inferiores que tiene en fondo de la caja. [1]

Las dos primeras partes (la base y la tapa) son producidas en una máquina flexográfica que imprime, ranura y troquela la lámina (producto del proceso de corrugado, pegado y secado) para producir tanto la base como la tapa. La tercera parte, la hoja o cartulina perforada con longitud de ancho y largos definidos, es producida en la máquina cortadora rotativa conocida como cortadora de bobinas de papel a pliegos u hojeadora marca Premier KSSM60, apreciada en la figura 2.



Fig.2. Cortadora rotativa KSSM60, planta industrial CYMACOSTA S.A.S.

La máquina utiliza un sistema de corte tipo cizalla, que consta de dos herramientas de corte, una fija y otra móvil acoplada longitudinalmente en un rodillo giratorio movido por un motor eléctrico. La función de la máquina es cortar las bobinas de papel o cartón continuo enrollado en hojas de menor tamaño, para esto dispone de diferentes mecanismos diseñados para cumplir los requerimientos principales de la máquina como velocidad y precisión del corte. Las hojas deben ser cortadas milimétricamente exactas con tolerancias de $\pm 1\text{mm}$ en el largo, dados por un número considerable de referencias u órdenes según los requerimientos de los clientes.

Teniendo en cuenta lo anterior, en este trabajo de grado se busca dar solución a la siguiente pregunta.

¿Como aumentar la productividad de la máquina y mejorar la calidad de sus productos?

Es necesario identificar como primera medida los procesos de la máquina que generan ciertas afectaciones que producen impactos negativos para la empresa. La KSSM60 presenta problemas en su rendimiento debido a la baja velocidad a la que realiza su operación y al problema presentado por la inexactitud en la medida de los cortes, generando consecuencias en la calidad del producto, siendo notable en algunos momentos la variación en la medida entre una lámina y otra, oscilando entre un rango de 5 a 10mm. Lo anterior resulta en gran cantidad de pliegos con cortes que no son aceptados por el departamento de calidad (como se puede observar en la figura 3) terminando estos en el cuarto de embalaje de desperdicios.

Otro factor que afecta el rendimiento de la máquina, es el tiempo que tarda en estabilizar el corte, debido a que el operador debe ajustar manualmente la velocidad tanto del cilindro de corte, como el de las bandas que transportan el papel hasta obtener la medida de la orden solicitada, produciéndose al inicio del proceso desperdicios de material. Además, se debe mantener una velocidad constante durante la operación porque al aumentarla o disminuirla producirá cambios en la longitud de los pliegos.



Fig.3. Canasta llena de productos defectuosos, planta industrial CYMACOSTA S.A.S.

Para mejorar la productividad de la máquina y reducir el desperdicio de materia prima es necesario implementar un nuevo sistema de control automatizado. Por tal razón en este proyecto se

diseña y se construye este prototipo con el objeto de demostrar el funcionamiento de un sistema de control automático para la máquina cortadora de bobinas de papel a pliegos que opera en la empresa CYMACOSTA S.A.S. que le permita ejecutar su operación con un alto nivel de precisión y un control de velocidad confiable.

III. JUSTIFICACIÓN

Se presenta este proyecto para analizar los beneficios de implementar la tecnología en la optimización de los procesos industriales. Teniendo en cuenta la importancia que tienen los prototipos para demostrar el buen funcionamiento de ciertas fases de un proceso de manufactura, tratándose de un producto de prueba, utilizando una metodología descriptiva en el que se podrá probar el sistema automatizado que procesará variables como velocidad, dirección y torque para controlar el corte de los pliegos y dar solución a los problemas que presenta actualmente la máquina.

Planteando la justificación desde cuatro criterios fundamentales como primera medida, el criterio teórico. El proyecto se realizó teniendo en cuenta los conceptos y teorías vistas durante la formación académica de la tecnología en mantenimiento electromecánico industrial. En el prototipo de la propuesta se implementan equipos y componentes modernos y eficientes, haciendo uso de ecuaciones matemáticas para realizar los cálculos poniendo en práctica el conocimiento científico aplicado a los sistemas de controles automáticos, para reemplazar la actividad física del recurso humano por dispositivos de control eléctrico y mecánico. En otras palabras, reducir la intervención humana en los procesos industriales para hacerlos más seguros y confiables, tomando como base ciertos fundamentos científicos como los expuestos en las leyes y principios de automatización redactados en el libro “introducción a los sistemas de control” primera edición. Por el autor Ricardo Hernández Gaviño. [11]

Con la implementación de este diseño de control automático, se pretende lograr ciertos avances en los procesos de trabajo, mantenimiento y producción de la máquina cortadora rotativa, dando solución a muchos problemas existentes actualmente, incrementando disponibilidad y confiabilidad del equipo, constancia en la calidad, mejor rendimiento, menor desperdicio, mayor margen de seguridad, menor consumo de energía y

sumado a esto la afectación del medio ambiente debido a que se utiliza como materia prima papel virgen obtenido directamente de los árboles.

Se utiliza una metodología tipo descriptiva y campo, donde se explican las diferentes fases del proceso realizado y se recolecta la información directamente en la empresa en la que se encuentra el equipo. Así mismo se utilizan dispositivos de automatización industrial como el Variador de velocidad ABB ACS 355 , el PLC LOGO OBA0 de SIEMENS, la interfaz Hombre Máquina KTP400 de SIEMENS, sensores para medir velocidad y desplazamiento como el encoder HENGSTLER de 100 PPR, actuadores como el motor eléctrico ABB 3~ MBT 1H y haciendo uso del software LOGO Soft Comfort V8.3 y en el software SIMATIC WinCC (TIA Portal) en el que se programaron un conjunto de instrucciones teniendo en cuenta las señales de entrada que se utilizarán, para proveer las respectivas salidas que controlarán los sistemas de la máquina automáticamente. La información presentada en el proyecto será muy clara y con datos reales tomados directamente de la empresa.

Desde el punto de vista social, este proyecto va dirigido principalmente a la empresa CYMACOSTA S.A.S. en la mejora del proceso de corte de la máquina Hojeadora, en busca de reducir el desperdicio y mejorar la calidad del producto. Pero también podría servir a otras empresas dedicadas a la producción de cajas de cartón. Se puede asegurar con este proyecto lograr grandes beneficios, sociales, de seguridad, ambientales y económicos. Se podrá disminuir las horas extras que habitualmente se emplean en esta máquina, para cumplir con la demanda de productos que exigen los clientes. Además, se busca ofrecer una mayor seguridad en la máquina para proteger al personal encargado de su operación y mantenimiento, y sumado a esto se reducirá el impacto ambiental al minimizar las pérdidas de materia prima que en particular está hecha de celulosa virgen. De igual manera a la empresa en el ámbito económico ya que se reducirán considerablemente los costos de producción.

IV. OBJETIVOS

A. OBJETIVO GENERAL

Desarrollar el prototipo de un sistema de control automático para la máquina cortadora de bobinas de

papel marca Premier modelo KSSM60 de la empresa CYMACOSTA S.A.S.

B. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar un diagnóstico de la máquina cortadora de bobinas de papel marca Premier modelo KSSM60, teniendo en cuenta los problemas que presenta e identificar las variables que se deben controlar.
- Determinar los componentes eléctricos y mecánicos que se van a utilizar en la implementación del prototipo.
- Construir el prototipo utilizando un PLC LOGO OBA0 de SIEMENS y la HMI KTP400 de SIEMENS y pruebas de funcionamiento.
- Realizar un análisis de costos de la inversión y los beneficios que se obtendrán con la implementación del nuevo sistema de control.

V. ALCANCE

Se realizó este prototipo del sistema de corte para la máquina cortadora rotativa modelo KSSM60 para presentarlo en la fábrica CYMACOSTA S.A.S. empresa dedicada a la fabricación de cajas de cartón para la comercialización del banano en mercados nacionales e internacionales, el cual está enfocado principalmente en demostrar el funcionamiento de un sistema automatizado que permita aumentar la producción y la disminución del desperdicio generado a causa del sistema de control manual con el que actualmente funciona.

Este proyecto es esencial para la empresa ya que, si esta decide implementarlo en la máquina cortadora de pliegos de papel, logrará aumentar el rendimiento productivo obteniendo una producción eficiente en cuanto a calidad y cantidad. También ofrecerá excelentes resultados desde el punto de vista social al brindar una estabilidad funcional de la máquina, evitando que los trabajadores tengan que trabajar tiempo extra como es común en esta máquina, debido a la alta demanda de los pliegos de papel que exigen los clientes de la empresa lo cual no es posible satisfacer en su totalidad en el tiempo estipulado por el departamento de producción.

VI. USUARIOS DIRECTOS Y FORMAS DE UTILIZACIÓN

El principal usuario y beneficiario de este proyecto será la empresa CYMACOSTA S.A.S. que permitió

que se realizara este prototipo en uno de sus activos y facilitando los componentes principales para el desarrollo del mismo. Pero también está enfocado a todas las empresas del sector industrial que utilicen en sus procesos máquinas cortadoras rotativas.

VII. MARCO TEORICO

La fábrica de cartón CYMACOSTA S.A.S. es una empresa dedica a la fabricación de diversas cajas de cartón para el empaque del banano, se encuentra ubicada en Santa Marta, Colombia. Es una empresa comprometida con la satisfacción de las necesidades, deseos y expectativas de sus clientes, y con el firme compromiso de garantizar altos estándares de calidad, ha implementado la tecnología como recurso fundamental para lograr la optimización y mejora de los procesos de producción. Uno de los equipos que actualmente tiene inconvenientes con la calidad de sus productos es la cortadora de bobinas de papel que presenta ciertos inconvenientes por defectos en la medida de los pliegos.

La cortadora de bobinas de papel marca Premier modelo KSSM60 es una máquina de origen chino con un cilindro giratorio de corte de 58 pulgadas. La función principal de la máquina es reducir las bobinas de papel o papel continuo enrollado, para convertirlo en hojas. Estas hojas pueden ser de diferentes medidas, el objetivo es cortar todo el material a la misma medida. Para esto la máquina utiliza un sistema de corte que consta de dos cuchillas, una fija y otra móvil, utilizando el principio de la guillotina, como se puede observar en la figura 4. El papel se apoya sobre la cuchilla inferior(fija) mientras que la superior lo comprime y parte realizándose un corte limpio del pliego.

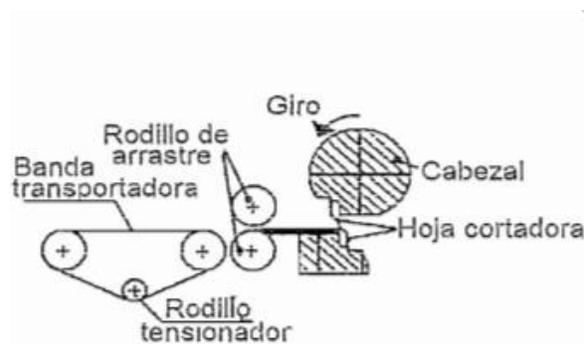


Fig.4. Sistema de corte simple, utilizando principio de la guillotina [14]

Para optimizar su operación, el cartón debe estar

posicionado y tensionado en el instante de realizar el corte, para evitar abultamientos contra la hoja móvil. Para conseguir la tensión necesaria, un conjunto de bandas transportadoras que se encuentran ubicadas a la salida del cilindro de corte gira a una velocidad superior a los rodillos que se encuentran en la entrada al cilindro de corte logrando mantener una tensión constante del papel.

A. Elementos que interfieren en el proceso de corte

A continuación, se presentan las principales partes mecánicas en el proceso de corte.

- Rodillos: Es una pieza mecánica cilíndrica que gira alrededor de un eje, se utilizan principalmente en el transporte de materiales. [13]
- Bandas transportadoras: Son sistemas mecánicos que se utilizan para el transporte de productos de forma regular e irregular de un punto a otro, principalmente en entornos industriales.
- Herramienta de Corte: Son elementos utilizados para realizar cortes en materiales y que varían en función del material y tamaño del producto a cortar.
- Sistema de corte tipo cizalla: Consiste en dos cuchillas, una fija y otra móvil.
- Cureñas: Son los elementos laterales verticales que sirven de soporte a todas las piezas de una máquina.
- Rodamientos: Es un elemento rotativo, que reduce la fricción entre un eje y las piezas conectadas al sistema que sirve de apoyo y facilita su funcionamiento. [12]
- Ruedas dentadas: Son mecanismos utilizados para transmitir potencia mecánica de un elemento a otro dentro de una máquina. [4]
- Cadenas: Es un mecanismo de transmisión mecánica que sirve para transmitir el movimiento de arrastre de fuerza entre ruedas dentadas. [8]

B. Dispositivos de Automatización

- PLC: El Controlador Lógico Programable (Programmable Logic Controller) es un

dispositivo de control industrial que se utiliza para supervisar continuamente un proceso. [6]

- HMI: Son las siglas de Human Machine Interface y se refieren a un panel que permite comunicarse entre el operador y la máquina. [18]
- Variador de velocidad: Es un dispositivo utilizado para controlar la velocidad de un motor eléctrico. [19]
- Encoder: Es un dispositivo electromecánico que permite codificar el movimiento mecánico por medio de impulsos eléctricos, se utiliza principalmente para medir velocidad. [3]
- Sensor inductivo: Son una clase especial de sensores que sirve para detectar materiales ferrosos utilizando el principio de inducción electromagnética.
- Sensor óptico: Son dispositivos que utilizan un haz de luz para detectar la presencia o ausencia de un objeto. [17]
- Motores: son dispositivos que tienen la capacidad de convertir la energía eléctrica en energía mecánica de rotación por la acción de los campos magnéticos.

VIII. MARCO METODOLOGICO

El proyecto se realizó utilizando una metodología tipo descriptiva y de campo, donde se recolectaron todos los datos directamente del sitio donde se construye el prototipo, el desarrollo es explicado paso a paso en teoría y práctica.

Así mismo, también es cuantitativa ya que se recolectaron datos tiempos, para el cálculo del sistema de control y su funcionamiento.

El diseño del proyecto se realizó en cuatro etapas: Etapa 1. Se realizó un análisis cualitativo, el cual permitió evidenciar las debilidades, fortalezas, amenazas y oportunidades con las que cuenta el equipo, así mismo se realizó un análisis de manera general en la máquina para verificar los inconvenientes de ineficiencia de producción debido al sistema de control manual que posee actualmente y se definieron las variables que se van

controlar para lograr mejorar el proceso de producción.

Etapa 2. El estudio presentado del enfoque cualitativo, permitió identificar las debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades de la máquina, y estos resultados se utilizaron para realizar el diseño del sistema eléctrico y mecánico del prototipo de la cortadora y los cálculos de los diferentes dispositivos y las protecciones. El diseño eléctrico se realizó en 4 etapas donde se presentan los diferentes esquemas de las conexiones y programación de los diferentes dispositivos del sistema de control, para esto se realizó un diagrama de flujo con la lógica del sistema evaluado.

- **Esquema de potencia:** Se realizó utilizando el software de diseño de esquemas eléctricos Cofaso V7.3 en el que se muestran las conexiones de las protecciones, variadores, motores y la fuente de alimentación de bajo voltaje.
- **Esquema de control:** Se desarrolló utilizando la herramienta de diseño de esquemas eléctricos Cofaso V7.3 en este se muestran las conexiones de los diferentes dispositivos como pulsadores, sensores y las entradas y salidas del PLC micro LOGO OBA0.
- **Programación del PLC:** El programa del PLC se hizo en el software LOGO Soft Comfort V8.3 donde se evidencian diferentes etapas en el mismo programa como control de velocidad, control de marcha paro y el control del corte.
- **Programación de la HMI KTP400 de SIEMENS** Se utilizó el software SIMATIC WinCC para el diseño de la Interfaz gráfica de la pantalla.

Etapa 3. Construcción y prueba del prototipo para la cortadora. Teniendo en cuenta que se pretende simular en la práctica el proceso de corte de los pliegos de la cortadora rotativa, se desarrolló el prototipo utilizando los mismos sistemas mecánicos con los que cuenta la máquina en realidad. El diseño de las medidas y tolerancias de las piezas tales como, rodillos, engranajes, camisas, herramientas de corte y acoples fueron enviados a un taller de mecanizado (torno), para su fabricación. Los soportes verticales (cureñas), los soportes horizontales, el sistema de ajuste de cuchillas, perforaciones, roscas y ensamble de las piezas, se realizaron en los talleres de mantenimiento de la empresa. Terminada la construcción del sistema

mecánico, se realizó el montaje de los dispositivos eléctricos y electrónicos como pulsadores, sensores, y actuadores con sus respectivas conexiones a la estación de mando de operador y al tablero principal. Además, se utilizó el simulador del programa LOGO Soft Comfort V8.3 para comprobar la funcionalidad del programa, debido al nivel de seguridad exigido por el uso de herramientas de corte (cuchillas) que se emplearon en el prototipo para la máquina cortadora. Por último, se realizaron las pruebas donde se pudo comprobar que el sistema funciona.

Etapa 4. Se realizó el análisis de los costos y se determinó la cantidad de recursos necesarios a utilizar en la ejecución del proyecto. Además, se constató la potencial obtención de beneficios y retorno de la inversión a corto plazo teniendo en cuenta que los costos de producción y de mano de obra se reducirán considerablemente lo que aumentará la rentabilidad de la empresa.

IX. ANALISIS E INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS

Cumpliendo el propósito general de desarrollar el prototipo de un sistema de control automático para la máquina cortadora de bobinas de papel marca Premier modelo KSSM60 que opera en la empresa CYMACOSTA S.A.S. se realizó un diagnóstico donde se describió cada una de las partes que intervienen en el proceso del corte de la máquina cortadora para reconocer sus partes y el debido funcionamiento de esta.

A. Análisis de la situación actual de la máquina, teniendo en cuenta los problemas que presenta e identificación de las variables que se deben controlar.

Este estudio de enfoque cualitativo, busca profundizar la realidad estudiada bajo ciertas características de cualidad y de calidad en relación a los problemas presentados en la máquina cortadora rotativa para identificar las variables que intervienen en el control de los procesos operativos.

El siguiente análisis **FODA** permite demostrar mediante una valoración de los factores fuertes y débiles que muestran como resultado un diagnóstico de la situación interna (debilidades y fortalezas) de la máquina cortadora, además de una valoración externa (oportunidades y amenazas).

FORTALEZAS: Funciones que realiza la máquina de manera correcta, como son ciertas capacidades especiales por las que cuenta con una posición privilegiada frente a la competencia.

DEBILIDADES: Son aquellos factores que provocan una posición desfavorable frente a la competencia. Son los recursos de los que carece la máquina, habilidades que no se posee, actividades que no se desarrolla positivamente, etc.

OPORTUNIDADES: Variables que resultan positivas y favorables que se deben descubrir en el entorno en el que trabaja la máquina, ya que permiten obtener ventajas competitivas con respecto a otras.

AMENAZAS: Situaciones que provienen del entorno (variables externas) y que pueden llegar a atentar incluso contra la permanencia de la máquina en el mercado laboral, difícilmente podemos incidir en estas, sin embargo, es esencial conocerlas para minimizar la capacidad que tienen de afectarnos. [15]

TABLA 1. Presentación de matriz FODA

MATRIZ FODA			
ANALISIS INTERNO		ANALISIS EXTERNO	
FORTALEZAS	PESO	OPORTUNIDADES	PESO
F1 - Facil ejecucion de los mantenimientos	4	O1 - Mejoras en el sistema automatico	5
F2 - Poca exigencia de intervencion de mantenimiento	5	O2 - Disminucion en los costos de produccion	5
F3 - Sistema de corte mecanico tipo cizalla con el que cuenta actualmente	2	O3 - Aumento de la produccion	5
F4 - Estructura mecanica robusta	5	O4 - Aumento de la demanda del producto	2
F5 - Repuestos asequibles en el mercado regional	4	O5 - Mayor interes por el medio ambiente	4
DEBILIDADES	PESO	AMENAZAS	PESO
D1 - La materia prima no se aprovecha al 100%	5	A1 - Tendencias desfavorables en el mercado	1
D2 - Control no automatizado	3	A2 - Restricciones ecologicas debido al uso de papel carton extraido de la celulosa de los arboles	2
D3 - Sistema de obsoleto debido a los avances tecnologicos actuales	3	A3 - Alto nivel en el panorama competitivo	2
D4 - Baja velocidad de operación	3	A4 - Alto riesgo de accidente por las herramientas de corte	4
D5 - Problemas con la calidad	5	A5 - Cambios drásticos en la legislación	1

Fuente: Autores

Partiendo de la información recolectada en la tabla 1 de la presentación de la matriz FODA, se proponen estrategias que permiten relacionar los factores de la matriz para determinar los resultados positivos de este análisis.

fo (maximizar – maximizar)

Estrategia para maximizar tanto las fortalezas como las oportunidades (fo).

-Seguir mejorando el sistema automático de la máquina para aumentar la productividad y disminuir los gastos de producción.

fa (maximizar – minimizar)

Estrategia para maximizar las fortalezas y minimizar las amenazas (fa).

-Mejorar la seguridad del sistema de corte para minimizar los riesgos de accidentes por las herramientas de corte.

do (minimizar – maximizar)

Estrategia para minimizar las debilidades y maximizar las oportunidades (do).

-Controlar el uso de la materia prima, mejorando los problemas de calidad que generan mucho desperdicio para demostrar mayor interés por el medio ambiente.

da (minimizar - minimizar)

Estrategia para minimizar tanto las debilidades como las amenazas (da).

-Actualizar algunos sistemas obsoletos que tiene la máquina para contar con un alto nivel competitivo frente a los mercados laborales nacionales e internacionales.

En la tabla 2 están definidos los valores o grado de importancia de cada fortaleza, oportunidad, debilidad y amenaza de la matriz FODA.

TABLA 2. Grado de importancia de los ítems de la matriz FODA

GRADO DE IMPORTANCIA	
PESO	CONCEPTO
1	nula importancia
2	poco importante
3	importante
4	muy importante
5	completamente importante

Fuente: Autores

Este estudio de observación directa simple experimental permitió la recopilación de información que fue la base para identificar las variables que afectan la productividad de la máquina.

Teniendo en cuenta las estrategias propuestas a partir de la matriz FODA se identificaron las

variables que se necesitan controlar, entre estas se tienen:

La velocidad: El control de la velocidad angular del cilindro de corte será determinante para lograr cortar todos los pliegos de papel a la misma medida.

La aceleración: El control de esta variable es importante para corregir los cambios bruscos de velocidad que afectan la longitud de la medida del pliego.

B. Diseño y cálculo de los componentes eléctricos utilizados en el prototipo.**• Diseño eléctrico – circuito de potencia**

Como se observa en la figura 5 y 6 el circuito de potencia conformado por las protecciones, dispositivos eléctricos y electrónicos, en él se muestran las conexiones a otros dispositivos de control como el PLC. Fue diseñado en el software de esquemas eléctricos Cofaso V7.3 y consta de los elementos mostrados en la tabla 3.

TABLA 3. Dispositivos eléctricos de potencia

Dispositivos	
1 Breaker principal	50A
1 Breaker Bipolar	2A
2 Variadores ABB -ACS355	11kW
2 Motores trifasicos de jaula de ardilla	3 HP
1 Fuente de alimentacion	10A

Fuente: Autores

Teniendo en cuenta la carga, se hizo el cálculo de las protecciones del circuito, analizando todos los dispositivos, especialmente los que más energía consumen, como: los motores de 3 HP, los variadores de 11 kW (15 HP) y la fuente de alimentación de 24 V. Cabe aclarar que la potencia nominal de los variadores con respecto a la potencia de los motores está sobredimensionada debido a que son los únicos elementos que la empresa tenía disponibles para prestar en el desarrollo del prototipo. Por lo tanto, se determinó hacer el cálculo de la protección principal teniendo en cuenta la potencia nominal de los variadores debido que los motores (elementos de mayor consumo) solo utilizaran un 20% de la potencia nominal de estos. Para calcular la máxima corriente (A) del circuito se utilizó la ecuación matemática de la ley de watts teniendo en cuenta que conocemos la potencia de

los dispositivos y el nivel de tensión del sistema.

Donde:

$$11kW \Rightarrow 11000 W$$

Pero se tienen 2 variadores

entonces

$$2 \times 11000W = 22000W$$

Con la ecuación

$$In = \frac{P}{V\eta Fp\sqrt{3}}$$

Donde

V= Voltaje de línea

P= Potencia

Fp= factor de potencia

η = Rendimiento

Se calcula el valor máximo de corriente del circuito.

$$In = \frac{22000}{440 * 1 * 0,86 * \sqrt{3}}$$

$$In = 33,56 A$$

Conociendo el valor máximo de corriente de la carga se debe utilizar un interruptor automático de 40A. Pero en las pruebas se utilizó uno de 50A porque fue el dispositivo que estaba disponible en la empresa.

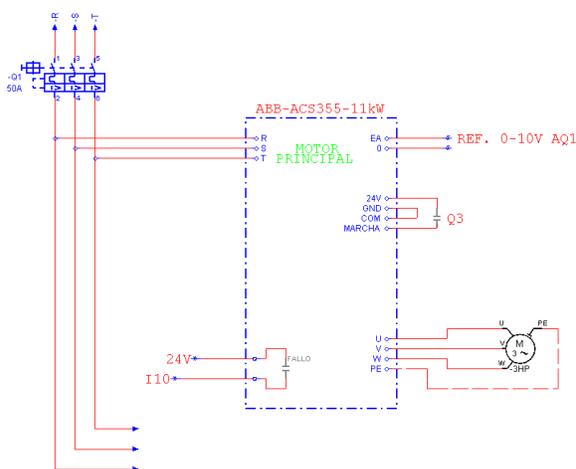


Fig.5. Esquema de potencia (Software Cofaso 7.3)

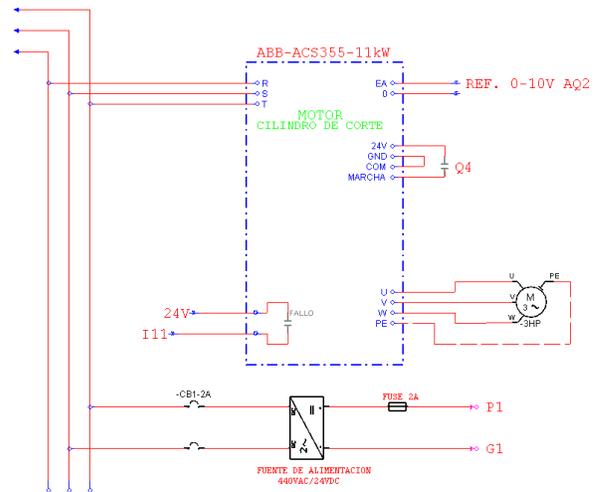


Fig.6. Esquema de potencia (Software Cofaso 7.3)

• Diseño eléctrico – circuito de control

El circuito de control está conformado por el PLC modular micro LOGO de SIEMENS, con un módulo adicional de I/O y un módulo de salidas analógicas, para un total de 16 entradas digitales, 12 salidas a relés y 2 salidas analógicas. Además, cuenta con una interfaz hombre máquina (pantalla HMI), dispositivos de mando permanente e instantáneos y diferentes sensores, observados en la tabla 4.

Tabla 4. Dispositivos del sistema de control automático.

DISPOSITIVOS

1	LOGO de Siemens 6ED1052-1HB08-OBA0
1	Módulo de entradas y salidas digitales DM-16230R
1	Módulo salidas analógicas 6ED1055-1MM00-0BA2
1	Pantalla Siemens Simatic Ktp400
3	Encoders HENGSTLER de 100 PPR
1	Sensor inductivo
1	Sensor Fotoeléctrico
4	Pulsadores NO
1	Pulsador tipo hongo
2	Indicadores luminosos

Fuente: Autores

En la figura 7 se muestran las diferentes conexiones de entradas y salidas digitales del PLC micro LOGO de SIEMENS que se explicarán a continuación: el PLC es energizado desde la fuente de alimentación por las líneas P1 y G1 (24V). En las entradas I1, I2 e I7 se conectan las señales que vienen de los pulsadores de parada, marcha y

parada de emergencia. En las entradas I3, I4, I5 e I6 se conectan las señales de los Encoders, teniendo en cuenta que el PLC LOGO utiliza estas entradas para conteo rápido, máx. 5 kHz. En las entradas I8 e I9 se conectan las líneas de señal que vienen de los pulsadores de subir y bajar velocidad. En I10 e I11 se conectan las señales que vienen de los variadores, informando al PLC en caso que se presente un fallo en el circuito de control de los motores. La entrada I12 recibe la señal del fotosensor indicando cuando halla presencia de papel en el sistema de corte. En la entrada I13 se conecta el sensor inductivo que se utiliza como protección a las personas que operan el prototipo, indicando que la guarda protectora ubicada encima del sistema de corte este en su lugar. En las salidas Q1 y Q2 se conectan las luces indicadoras de función y alarma y en las salidas Q3 y Q4 se conectan las señales de permiso de marcha de los variadores.

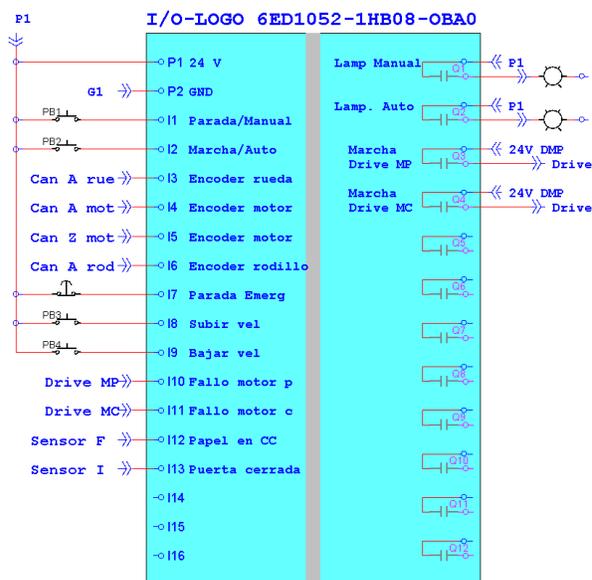


Fig.7. Entradas y salidas del PLC (Software Cofaso 7.3)

•Diseño eléctrico – programación del PLC.

El proceso para realizar el diseño del programa es explicado en la figura 8 donde se muestra un diagrama de flujo que describe el orden de los pasos lógicos o tareas involucradas en el programa del PLC que se encargará de controlar todas las funciones del prototipo. Este programa fue realizado en el software de programación LOGO Soft Comfort V8.3 utilizando el lenguaje de programación FUP (Funktionsplan).

• Funcionamiento del programa representado en el diagrama de flujo

Como se puede observar en el siguiente diagrama de flujo (figura 8) primeramente se procesan las señales de seguridad que están conformadas por un pulsador de parada de emergencia (I7), las señales de fallas en los motores (I10 e I11) y la señal que indica que la guarda de seguridad (I13) que se encuentra en la parte superior del conjunto de cuchillas está en su lugar. Alguna de estas condiciones predeterminadas producirá una inmediata parada del prototipo y se mostrará un mensaje de diagnóstico en la pantalla HMI indicando el problema que se ha presentado. Si no se encuentra ninguna falla, se podrán realizar las funciones del proceso manual y automático que se seleccionan a través de las entradas que cumplen estas funciones. Al activarse la función manual (I1) se encenderá una luz (Q1) indicando que el prototipo se puede mover manualmente por medio de la función avance lento (JOG) desde la pantalla HMI que servirá para liberar materiales presentes en el prototipo en caso que se presente un atasco. Al activarse la función automática (I2), se deshabilitará la función manual y se encenderá una luz (Q2) indicando que el sistema está en automático. También se activará la marcha del motor que mueve el conjunto de rodillos que transportan el papel (Q3) y la salida analógica de referencia de 0-10 V (AQ1) que se enviará al variador de velocidad del motor de transporte del papel, y su valor depende de las entradas de los pulsadores de subir/bajar velocidad (I8 e I9). De igual forma se habilita el proceso de control del corte, el cual se activará al momento de recibir la señal del papel presente en la entrada al sistema de cuchillas (I12), activándose la marcha del motor del cilindro de corte (Q4), y se procesa la señal del encoder de la rueda de medida (I3), que consiste en medir el recorrido del papel hasta alcanzar la longitud del pliego programada en la pantalla HMI para luego realizar el corte, controlando la salida analógica de referencia de 0-10 V (AQ2) que se enviara al variador de velocidad del motor del cilindro de corte. Las entradas de retroalimentación (I4 e I6) se utilizan para corrección de errores y para detectar posibles desacoples en la transmisión entre el motor y el cilindro de corte. Si se llegase a superar el valor de tolerancia permitido en el error del corte se deshabilitará la función automática y se mostrara el problema ocurrido en la pantalla HMI.

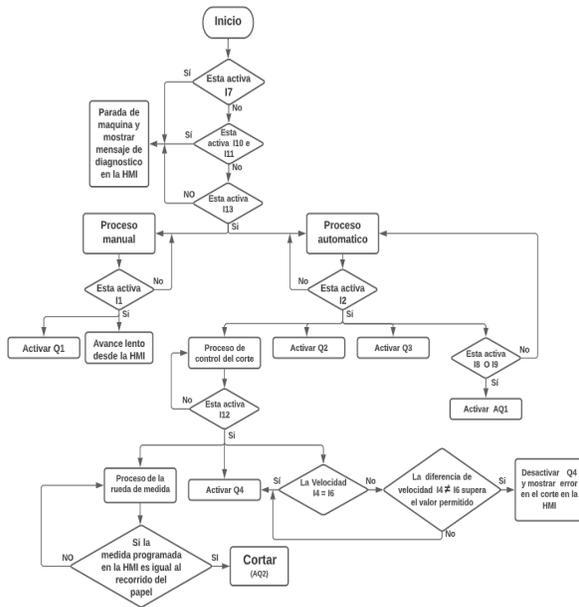


Fig.8. Diagrama de flujo del programa

En la tabla 5 se muestra la función que cumplen cada una de las entradas y salidas del PLC, facilitando la manera de interpretar las tareas que ejecuta internamente el programa representado en el diagrama de flujo.

Tabla 5. Identificación de entradas y salidas del PLC

I/O	IDENTIFICACION EN EL PLC
I1	Pulsador manual
I2	Pulsador automático
I3	Señal del Encoder de la rueda
I4	Señal del Encoder del motor 1
I5	Señal del Encoder del motor 2
I6	Señal del Encoder del rodillo
I7	Paro de emergencia
I8	Pulsador de subir velocidad
I9	Pulsador de bajar velocidad
I10	Fallo del motor principal (MP)
I11	Fallo del motor del cilindro de corte (MCC)
I12	Fotosensor (papel presente en cilindro corte)
I13	Sensor inductivo guarda de seguridad
Q1	Luz indicadora función manual
Q2	Luz indicadora función automático
Q3	Marcha de motor principal
Q4	Marcha de motor de cilindro de corte
AQ1	Ref. de velocidad de 0-10 V al Variador MP
AQ2	Ref. de velocidad de 0-10 V al Variador MCC

Fuente: Autores

La presentación del programa se muestra en tres etapas. En la figura 9 se observan las entradas digitales de los pulsadores de doble función parada/manual, marcha/automático, el pulsador de parada de emergencia, el sensor de la guarda de seguridad, el sensor fotoeléctrico y las señales que vienen de los variadores. Además, las salidas que se generan en respuesta a estas entradas, como son la activación de marcha del variador del motor principal, el encendido de luces indicadoras de función y alarma, el permiso para que entren en funcionamiento las otras dos etapas del programa del PLC del prototipo de la cortadora rotativa.

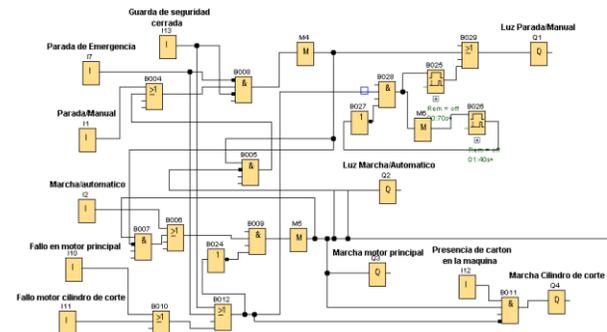


Fig.9. Control manual/automático (software LOGO Soft Comfort V8.3)

En la figura 10 se observa el control de subir y bajar velocidad manualmente desde los pulsadores de la estación de mando del operador. También se genera en esta fase la salida analógica de 0-10 V que es la referencia del variador de velocidad del motor principal (motor que mueve el conjunto de rodillos y bandas que transportan el papel).

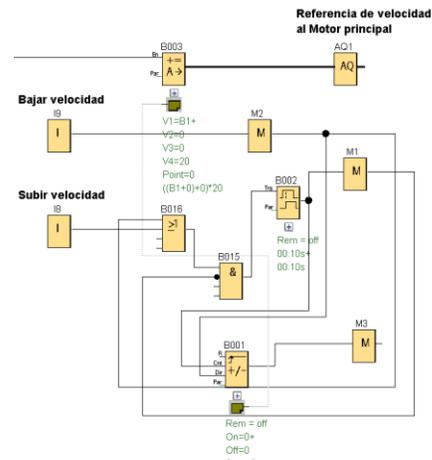


Fig.10. Control de Velocidad del motor que mueve el conjunto de rodillos que transportan el papel (software LOGO Soft Comfort V8.3)

En la figura 11 se muestra la etapa del programa donde se procesan las señales de los sensores de velocidad (encoder) para calcular la velocidad a la que debe girar el cilindro para cortar los pliegos a la medida requerida y para corregir errores en el corte. Para hacer los cálculos de la velocidad angular se utilizaron ecuaciones matemáticas, principalmente del Movimiento Rectilíneo Uniforme (MRU) y del Movimiento Circular Uniforme (MCU) como, por ejemplo:

$$a) \quad t = \frac{d}{v}$$

Se utiliza para calcular el tiempo en relación a la distancia recorrida y la velocidad a la se mueve el papel.

$$b) \quad \omega = \frac{2\pi}{t} = 2\pi f$$

Esta se utiliza para calcular la velocidad angular teniendo en cuenta la frecuencia o el periodo.

En esta etapa del programa también se puede observar algunos valores que se visualizarán en la pantalla HMI, como la velocidad en metros por minuto (mpm) del prototipo de la máquina cortadora y el número de cortes que se realicen. Para sumar el número de pliegos cortados se procesa la señal del canal Z (posición absoluta de cero) del encoder que está acoplado al cilindro de corte para dar una referencia fija de una revolución y a partir de ella sumar el número de cortes realizados. Para no utilizar un fotosensor a la salida del sistema de corte para que realice esta función. Y además esta sumatoria se realizará sí el sistema está en automático para no sumar los movimientos que se realicen manualmente con la función de avance lento (JOG).

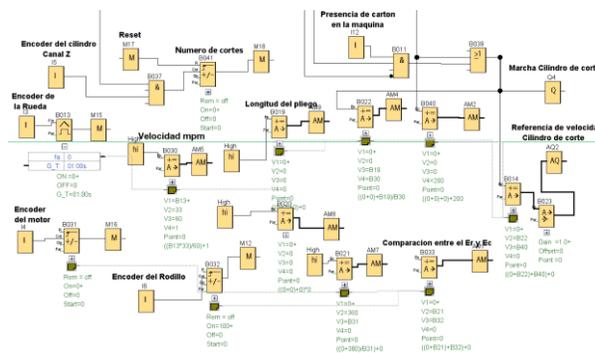


Fig.11. Etapa de control automático del rodillo de corte (software LOGO Soft Comfort V8.3)

C. Construcción del prototipo utilizando un PLC LOGO OBA0 DE SIEMENS y la HMI KTP400 de SIEMENS y pruebas de funcionamiento.

- **Sistema mecánico**

Gran parte de las piezas que conforman el sistema mecánico fueron fabricadas con herramientas manuales tales como los soportes verticales, soportes horizontales, sistema de calibración de la cuchilla inferior, roscas, ejes etc. Y la otra parte fueron fabricadas en un taller de mecanizado, por la alta precisión, ajustes y tolerancias que debían tener, para que el sistema mecánico del prototipo de la cortadora sea lo más parecido a la máquina real, como fueron las camisas, puestos de rodamientos, acoples, rodillos, cilindro de corte etc. Como se puede apreciar en la figura 12.

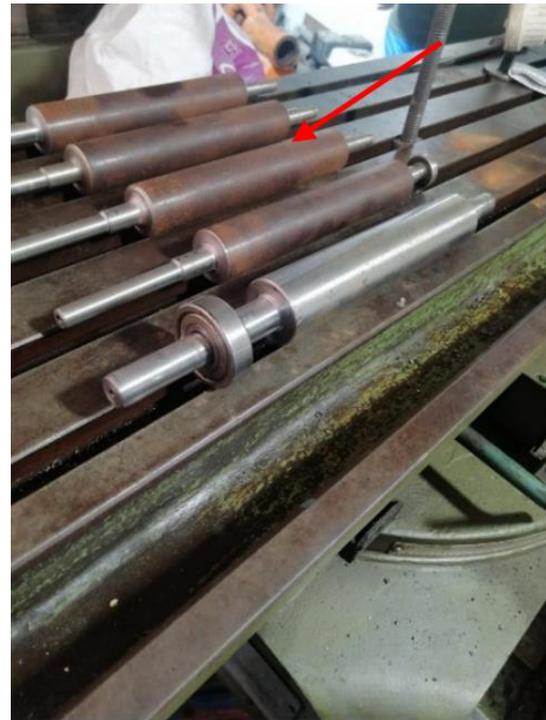


Fig.12. Rodillos fabricados en taller mecanizado.

Al terminar las actividades estéticas de los soportes laterales y verticales como se puede apreciar en la figura 13, se procede al ensamble de las piezas y a la conexión de los diferentes dispositivos que conforman el sistema de control eléctrico.



Fig.13. Actividad estética a soportes verticales y horizontales.

- **Sistema eléctrico**

A continuación, se presentan los principales dispositivos del sistema de control y la función que cumplen en el prototipo para la máquina cortadora rotativa.

En la figura 14 se observan los dos convertidores de frecuencia que cumplen la función de controlar la velocidad de los motores que están acoplados al sistema de transporte y corte del papel en el prototipo de la cortadora. La referencia de velocidad la reciben del módulo de salidas analógicas 6ED1055-1MM00-0BA2 del PLC micro LOGO.



Fig.14. Convertidores de frecuencia ABB ACS355 de 11 kW (Dispositivos de la empresa CYMACOSTA S.A.S.)

En la figura 15 se observa el breaker totalizador de 50A y el bloque de distribución de 440VAC, donde se conectan los dos Convertidores de Frecuencia y el breaker de protección de la fuente de alimentación de bajo voltaje (24 VDC).

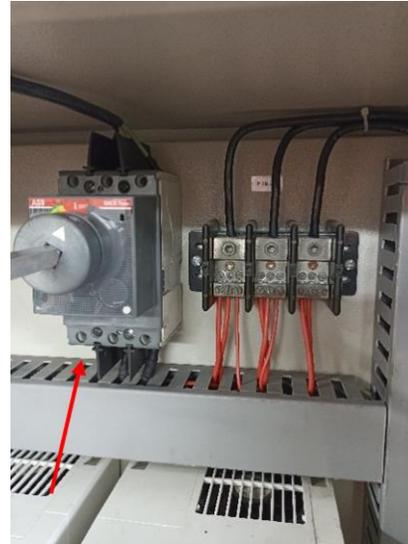


Fig.15. Breaker trifásico de 50A (Dispositivo de la empresa CYMACOSTA S.A.S.)

Se puede observar en la figura 16 el dispositivo de protección de 2A que se encarga de proteger la fuente de alimentación de bajo voltaje que alimenta al circuito de control, al PLC y la HMI.



Fig.16. Fuente de alimentación de 24 VDC (Dispositivo de la empresa CYMACOSTA S.A.S.)

En la figura 17 se puede observar en conjunto de los rodillos de entrada al sistema de corte. El rodillo superior está revestido de poliuretano para aumentar la fricción y evitar que el papel se deslice. También se observa al fotosensor que envía la señal que está presente el papel en el sistema de cuchillas para activar el proceso del corte, esto se hace para

evitar que el cilindro giratorio de corte se mueva innecesariamente.



Fig.17. Sensor fotoeléctrico (Dispositivo de la empresa CYMACOSTA S.A.S.)

En la figura 18 se observa el sistema de corte que consta de una cuchilla acoplada a un cilindro giratorio y una cuchilla fija. El proceso de corte se efectúa cuando el cartón se apoya sobre la cuchilla inferior(fija) mientras que la cuchilla superior lo comprime y corta.



Fig.18. Sistema de corte conformado por una cuchilla móvil y una cuchilla fija.

En la figura 19 se aprecia el Encoder de 100 ppr

acoplado a una rueda de medida que tiene una circunferencia de 140mm apoyada sobre los rodillos que transportan el papel girando a la misma velocidad de los rodillos. El Encoder se utiliza para medir la velocidad del papel y el recorrido del mismo, teniendo en cuenta que por cada 100 pulsos (1 revolución) que reciba el PLC de este Encoder, entenderá que el papel ha recorrido 140 mm, estos datos se utilizan para hacer los cálculos del corte. La precisión del corte estará determinada por la relación entre la medida del pliego y la velocidad a la que se mueva el papel. Con estos datos, utilizando ecuaciones matemáticas se puede determinar el tiempo en que debe tardar el cilindro de corte en dar una revolución. Este tiempo es la variable fundamental utilizada para calcular la velocidad angular a la que se debe mover el cilindro para realizar el corte de los pliegos.

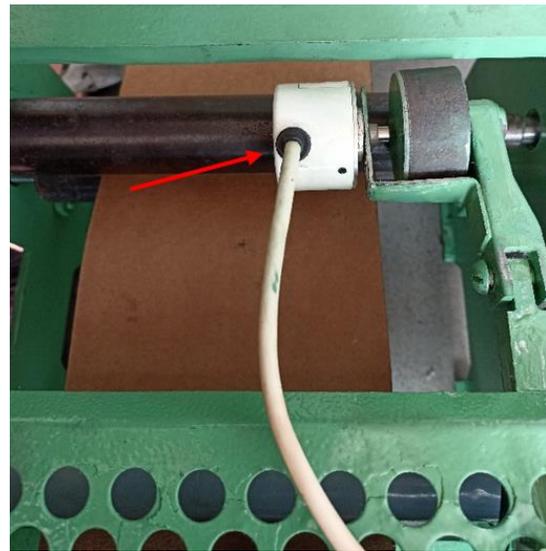


Fig.19 Encoder de la rueda de medida HENGSTLER de 100 PPR (Dispositivo de la empresa CYMACOSTA S.A.S.)

Se observa en la figura 20 el sistema de calibración al sistema de corte, que se realiza mecánicamente ajustando la herramienta de corte inferior (fija) con un tornillo de ajuste hasta lograr la mínima separación entre las cuchillas que puede ser entre 2 y 4 milésimas de pulgada. También se observa el Encoder que está acoplado al cilindro de corte utilizado para retroalimentar al sistema de control sobre la precisión del corte y para el conteo de los cortes realizados.



Fig.20. Sistema de calibración de la cuchilla inferior.

El Encoder que está acoplado al motor del cilindro de corte, como se puede observar en la figura 21 se utiliza para monitorear el ángulo girado que determina la posición del cilindro de corte y para indicar una posición de referencia en automático.



Fig.21. Encoder del motor HENGSTLER de 100 PPR (Dispositivo de la empresa CYMACOSTA S.A.S.)

En la figura 22 se puede observar la estación de

mando del operador. Este panel de control está conformado por los siguientes elementos:

- Pantalla HMI KTP400 de SIEMENS: Se utiliza para controlar y monitorear algunas funciones del prototipo de la máquina cortadora como por ejemplo editar las medidas de los pliegos que se desean cortar y la visualización del estado de funcionamiento como la velocidad y el número de corte realizados.
- Pulsadores de subir y bajar velocidad: Se utilizan para controlar la velocidad del prototipo.
- Pulsadores de manual y automático: Estos pulsadores se utilizan para seleccionar el modo con el cual se desea poner en marcha el prototipo.
- Luces indicadoras de manual y automático: Estas luces cumplen la función de avisar al operador el modo de operación que se encuentra habilitado y alertar cuando se presente una falla o una condición de inseguridad, cambiando la luz indicadora de manual de un estado fijo a un estado intermitente.
- Pulsador de parada de emergencia: Su función principal es de seguridad, se utiliza para detener el prototipo lo más pronto posible si se presenta un problema durante la marcha.



Fig.22 Estación de mando del operador (Dispositivos de la empresa CYMACOSTA S.A.S.)

- **Funcionamiento de la estación de mando de operador**

Al presionar el pulsador manual se enciende la luz indicadora, habilitando la máquina para realizar las funciones de avance lento (JOG) para el sistema de transporte de material y para el cilindro de corte.

Esta función se utiliza para liberar materiales presentes en la máquina en caso que se presente un atasco dentro del prototipo para la máquina cortadora y se ejecuta desde la HMI. Al presionar el pulsador automático, se apaga la luz indicadora de manual y se enciende la luz que indica que el sistema está en automático habilitándose la marcha del variador del motor principal y el control de subir y bajar la velocidad desde los pulsadores. Estando el sistema en automático, la marcha del cilindro de corte se habilita cuando el fotosensor detecte cartón en la entrada de las cuchillas. Si se presenta un fallo en alguno de los variadores o se activa la parada de emergencia se deshabilita la función manual y la función automática y la luz indicadora de la función manual comienza a oscilar indicando que se ha presentado un problema.

D. Análisis de costos de la inversión y los beneficios que se obtendrán con la implementación del nuevo sistema de control.

La operación de la máquina cortadora de bobinas de papel conlleva a gastos operacionales, como son los gastos de mano de obra por parte de los operadores y auxiliares de acuerdo a su salario básico. El operador de la cortadora gana un salario básico mensual de \$1.550.000 pesos y un día de su salario es equivalente a \$51.666 pesos. Teniendo en cuenta que es distinto al salario de los auxiliares debido a la responsabilidad y tipos de trabajos asignados a cada personal. Un auxiliar general gana un salario básico mensual de \$1.250.000 pesos y un día de su salario es equivalente a 41.666 pesos. Estos datos están resumidos en la tabla 6.

Tabla 6. Costos asociados al funcionamiento del sistema en su estado actual.

MANO DE OBRA PRIMER TURNO		
elemento	valor por día \$	valor mensual x26\$
operador de la cortadora	51.667	1.550.000
auxiliar general	41.667	1.250.000
auxiliar general	41.667	1.250.000
mecate	8.400	218.400
gastos energeticos	97.682	2.539.732
total gastos de operación	241.083	6.808.132
MANO DE OBRA SEGUNDO TURNO		
elemento	valor por día \$	valor mensual \$
operador de la cortadora	51.667	1.550.000
auxiliar general	41.667	1.250.000
auxiliar general	41.667	1.250.000
mecate	8.400	218.400
gastos energeticos	97.682	2.539.732
total gastos de operación	241.082	6.808.132
Costo total/Mes		13.616.264

Fuente: Autores

El funcionamiento de la máquina cortadora de bobinas de papel marca Premier modelo KSSM60 conlleva además a un gasto energético de \$195.364 pesos por día de operación, valor calculado mediante la sumatoria de los 3 requerimientos energéticos diarios (KWh/Día) de los motores que actualmente usa. Estos datos son presentados en la tabla 7.

$$48841 + 16280 + 32561 = 97682 \text{ por turno (8 horas)}$$

Empleando la empresa para la producción diaria dos turnos.

$$97682 \times 2 = 195.364 \text{ pesos por día.}$$

Con un promedio mensual equivalente a 5079464 pesos por 26 días que se labora normalmente al mes. Esta información es fundamental entre los factores que componen los costos de producción de la máquina cortadora rotativa y que permite realizar una comparación real frente a los costos de producción generados posteriormente a la implementación del sistema de control automático.

Tabla 7. Costos asociados al requerimiento energético de la máquina cortadora en su estado actual.

EQUIPO	POTENCIA W	POTENCIA KW	HORAS DIARIAS DE USO	KWh	KWh/DIA	KWh/MES (26 dias)	COSTO MENSUAL KW/h
	P	P/1000	T	P.T		26	\$ 727,46
Motor principal	11190	11,19	6	67,14	\$ 48.842	1746	\$ 1.269.883
Motor del rodillo de corte	3730	3,73	6	22,38	\$ 16.281	582	\$ 423.294
Motor del rodillo troquelador	7460	7,46	6	44,76	\$ 32.561	1164	\$ 846.589
					TOTAL FACTURA		\$ 2.539.767

Fuente: Autores

En la tabla 8 se presentan los componentes requeridos para la implementación del proyecto en la máquina cortadora rotativa, la cantidad y el valor de cada uno de ellos.

Tabla 8. Costos asociados a los elementos requeridos en el desarrollo del proyecto.

ANALISIS DE COSTOS			
PRESUPUESTO			
Elemento	cantidad	valor unit	valor total
(PLC) LOGO OBA0 DE SIEMENS	1	\$ 550.000	\$ 550.000
Fuente de alimentacion de 24v SIEMENS	1	\$ 220.000	\$ 220.000
Modulo de expansion logo DM 24R	1	\$ 525.000	\$ 525.000
Logo sofconfor	1	\$ 196.000	\$ 196.000
Caja para estacion de mando operador	1	\$ 850.000	\$ 850.000
Canaleta ranurada 40*40	4	\$ 36.000	\$ 144.000
Breaker trifasico 100A ABB	1	\$ 200.000	\$ 200.000
Riel omega 1.2 m	6	\$ 40.000	\$ 240.000
Pantalla Táctil Hmi Siemens Ktp700 Basic - 7 Pulgadas	1	\$ 3.700.000	\$ 3.700.000
Variador de velocidad ABB 20 HP	1	\$ 11.000.000	\$ 11.000.000
Variador de velocidad ABB 30 HP	1	\$ 14.720.000	\$ 14.720.000
Motor trifásico 30hp 1800rpm	1	\$ 9.550.000	\$ 9.550.000
Motor trifasico de 15 hp	1	\$ 4.800.000	\$ 4.800.000
Rodamientos 6307	4	\$ 85.000	\$ 340.000
Rodamiento 6306	2	\$ 55.000	\$ 110.000
Cable apantallado 4*22 (mts)	80	\$ 4.000	\$ 320.000
Pulsador tipo hongo	1	\$ 45.000	\$ 45.000
Tablero electrico 120*80*30	1	\$ 1.150.000	\$ 1.150.000
Fotosensor fotek	1	\$ 480.000	\$ 480.000
Encoder HENGSTLER de 100 PPR	3	\$ 380.000	\$ 1.140.000
Rollo de cable 8 AWG	1	\$ 450.000	\$ 450.000
Rollo de cable 16 AWG	1	\$ 150.000	\$ 150.000
		COSTO TOTAL	\$ 50.880.000

Fuente: Autores

En la tabla 9 se aprecian los gastos en mano de obra e imprevistos en el desarrollo del proyecto.

Tabla 9. Gastos de mano de obra

mano de obra e imprevisto			
Elemento	Cantidad	Valor mensual	Valor total
electromecanico	1	\$ 2.100.000	\$ 2.100.000
tecnico electricista	1	\$ 1.500.000	\$ 1.500.000
mecanico	1	\$ 3.200.000	\$ 3.200.000
aux. mecanico	1	\$ 1.750.000	\$ 1.750.000
transporte	2	\$ 90.000	\$ 180.000
alimentacion	2	\$ 240.000	\$ 480.000
imprevistos	1	\$ 2.000.000	\$ 2.000.000
		Costo total	\$ 11.210.000

Fuente: Autores

Para el análisis de los costos de la inversión y los beneficios que se obtendrán con la implementación del nuevo sistema de control, se propone aumentar un 10% la velocidad de operación de la máquina cortadora, reducir los tiempos improductivos (tiempos de paradas) y disminuir el desperdicio. Se hace una comparación entre una jornada de trabajo actual (turno de 8 horas) y una jornada de trabajo con el sistema propuesto en el prototipo ya implementado.

- **Rendimiento productivo actual de la máquina cortadora de pliegos de papel.**

Haciendo un Análisis con datos reales de operación, como se puede observar en el anexo A, donde se muestra un reporte de tiempo y producción de la referencia P1110 que tiene una medida del pliego de 36 pulgadas (0,914 m) y se relaciona el tiempo improductivo de la máquina cortadora de pliegos de papel durante una jornada laboral de 8 horas. Y además se mide la velocidad de operación de la máquina con esta misma referencia utilizando un instrumento de medida manual (tacómetro digital) y contando el número de corte realizados en un minuto, para calcular la cantidad de pliegos cortados en una hora. Como se puede observar en la tabla 10.

Tabla 10. Cortes realizados con el sistema actual.

CORTES REALIZADOS POR HORA	
Velocidad promedio de la máquina	56 mpm
Numero de cortes por minuto	65 cpm
Numero de pliegos por corte	3
Total de cortes por horas (60min)	11.700

Fuente: Autores

En la tabla 11 se presentan los diferentes paros improductivos que se generan durante el turno y el tiempo en minutos que permanece detenida la máquina debido a estos.

Tabla 11. Tiempo total improductivo.

PAROS DURANTE EL TURNO	
Descripción	Tiempo (min)
Cambio de rollos	20
Daño mecánico	35
Daño eléctrico	40
Cambio de referencia	35
Atranques	25
Ajuste de bandas	15
Paro por comida	30
Paro por aseo	30
Paros especiales	15
Tiempo total (min)	250

Fuente: Autores

Teniendo en cuenta que se generó durante el turno un tiempo improductivo de 250 min (4.16 h) y solo 4 horas fueron empleadas en la producción de la máquina, obteniendo un total de producción en el turno de 47000 unidades.

•Rendimiento productivo de la máquina con el nuevo sistema de control.

Assumiendo un aumento del 10% en la velocidad de la máquina, se estima el rendimiento en la producción que se obtendrá con la implementación del control automático en la máquina cortadora de pliegos de papel tomando como ejemplo la misma referencia descrita en el anexo A. Estos datos se muestran en la tabla 12.

Tabla 12. Cortes realizados por hora con el nuevo sistema de control.

CORTES REALIZADOS POR HORA CON EL SISTEMA AUTOMÁTICO	
Velocidad promedio de la máquina	61.6 mpm
Numero de cortes por minuto	71.5 cpm
Numero de pliegos por corte	3
Total de cortes por horas (60min)	12.870

Fuente: Autores

Teniendo en cuenta que aumentando un 10% la velocidad del equipo se aumentó de igual manera el número de unidades cortadas durante el turno, esto implicaría lograr sacar la producción de la semana en menos tiempo, permitiendo al personal de mantenimiento tener días disponibles para

intervenir la máquina en actividades preventivas y correctivas. Lo que reducirá los tiempos de paros por daños eléctricos y mecánicos durante las horas que se programen para producción porque el equipo estará en óptimas condiciones de funcionamiento. Además, se utilizarán estos días para labores de aseo del equipo, manteniendo el equipo disponible y confiable.

En la tabla 13 se presenta el estimado en la disminución del tiempo improductivo que se genera durante el turno, asumiendo que se reducirán los tiempos de paradas por daños eléctricos y mecánicos. Además, la versatilidad que tendrá la máquina con el nuevo sistema de control automático para realizar los cambios de referencia por medio de la interfaz HMI.

Tabla 13. Tiempos de parada con el nuevo sistema de control

PAROS DURANTE EL TURNO CON EL SISTEMA AUTOMATIZADO	
Descripción	Tiempo (min)
Cambio de rollos	20
Daño mecánico	25
Daño eléctrico	25
Cambio de referencia	15
Atranques	20
Ajuste de bandas	15
Paro por comida	30
Paro por aseo	15
Paros especiales	15
Tiempo total(min)	180

Fuente: Autores

Teniendo en cuenta que se generó durante el turno un tiempo improductivo de 180 min (3 h) y se emplean 5h en productividad, se obtuvo una producción de 64.350 unidades.

• Comparación del rendimiento productivo actual y el rendimiento productivo con el sistema automatizado

Utilizando información suministrada por el departamento de producción de la empresa sobre los costos de fabricación y el precio de venta de cada pliego producido en la máquina cortadora, se puede calcular el aumento en rentabilidad que obtendrá la

empresa con la implementación del sistema de control automático.

Costo de fabricación del pliego de papel (CF)

0.0950 dólar que equivalen a 383,6 pesos

Para saber el precio de venta de cada pliego de papel se tiene en cuenta el porcentaje de utilidad que estipula la empresa, que es del 30% (dato suministrado por la empresa) y el costo de fabricación.

Precio de venta (PV)

$$PV = CF * 30\%$$

$$PV = 383,6 \text{ pesos} + 115,08 \text{ pesos}$$

$$PV = 498,68 \text{ pesos}$$

El precio de venta de cada pliego de papel es de 498.68 pesos.

En vista de los datos reales que se obtuvieron en la producción actual de la máquina se puede calcular por medio de la cantidad de pliegos cortados, la utilidad que se obtuvo durante el turno.

Costo de fabricación

$$47000 \text{ unidades} * 383,6 \text{ pesos} = 18.029.200 \text{ pesos}$$

Precio de venta

$$47000 \text{ unidades} * 498.68 \text{ pesos} = 23.437.960 \text{ pesos}$$

Utilidad generada (U)

$$U = PV - CF$$

$$U = 23.437.960 - 18.029.200$$

$$U = 5.408.760 \text{ pesos}$$

Ahora, en base a los resultados obtenidos con el rendimiento productivo de la máquina cortadora rotativa funcionando con el nuevo sistema de control, se calcula la utilidad que se genera.

Costo de fabricación

$$64350 \text{ unidades} * 383,6 \text{ pesos} = 24.684.660 \text{ pesos}$$

Precio de venta

$$64350 \text{ unidades} * 498,68 \text{ pesos} = 32.090.058 \text{ pesos}$$

Utilidad generada (U)

$$U = PV - CF$$

$$U = 32.090.058 - 24.684.660$$

$$U = 7.405.398 \text{ pesos}$$

La diferencia de la utilidad generada entre la producción actual y la producción obtenida con el nuevo sistema es:

$$7.405.398 - 5.408.760 = 1.996.638 \text{ pesos}$$

• Resultado de análisis costo - beneficio

Comparando los resultados obtenidos del rendimiento productivo de la máquina cortadora funcionando con el nuevo sistema de control, frente al rendimiento que tiene actualmente la máquina. Se logró un aumento en las ganancias de la empresa CYMACOSTA S.A.S. de 1.996.638 pesos durante un turno. Asumiendo que esta utilidad se presenta durante los dos turnos que emplea la empresa durante el día y durante los 26 días laborales del mes, se puede calcular el promedio del aumento en la utilidad mensual que tendrá la empresa si implementa el nuevo sistema de control automático, cómo se puede observar en la tabla 14.

Tabla 14. Aumento de la utilidad mensual de la empresa con el nuevo sistema de control.

AUMENTO EN LA UTILIDAD MENSUAL	
Utilidad por turno	\$ 1.996.638
Numero de turnos por días	2
Días trabajado en el mes	26
Total utilidad mensual	\$ 103.825.176

Fuente: Autores

Sumado a esto, es pertinente resaltar en los beneficios del proyecto, el ahorro en el consumo energético, por los días que el equipo no esté en funcionamiento y se programen actividades de aseo y mantenimiento. Por cada día que se realicen estas actividades en la máquina la empresa tendría un ahorro energético de 195.364. Datos presentados en la tabla 7.

Teniendo en cuenta el costo total del proyecto que es de 62.090.000 pesos (datos mostrados en la tabla 15) y los beneficios del proyecto en el aumento considerable de la utilidad mensual y la reducción de los costos de producción, como se aprecia en la tabla 14. Se estima que el retorno a la inversión se obtendría a corto plazo, considerando que en tres meses la empresa recuperará la totalidad del capital invertido.

Tabla 15. Costo del proyecto

COSTO DEL PROYECTO	
Costos de los elementos requeridos para el proyecto (tabla 8)	\$ 50.880.000
Gastos de mano de obra e imprevistos (tabla9)	\$ 11.210.000
Total costo del proyecto	\$ 62.090.000

Fuente: Autores

Con lo anterior se puede demostrar que la implementación del nuevo sistema de control permite lograr resultados satisfactorios para la rentabilidad financiera de la empresa, con el uso de operaciones más eficientes y confiables, con el fin de brindarles un servicio de calidad a los clientes. Además de otros beneficios que resultarán como, por ejemplo: la reducción del desperdicio, la eliminación del pago de horas extras y la posibilidad de utilizar al personal encargado de la operación de la máquina de apoyar en otros procesos productivos de la empresa en los días que se programe la máquina para hacerle mantenimiento.

X. CONCLUSIONES

El desarrollo del prototipo del sistema de control automático para la máquina cortadora de bobinas de papel marca Premier modelo KSSM60 permitió conseguir resultados positivos para la empresa CYMACOSTA S.A.S. al demostrarse que su implementación permitirá mejorar el rendimiento productivo del equipo y reducir considerablemente la pérdida de materia prima. Además, se podrá controlar la máquina desde una estación de mando de operador, equipada con una Interfaz hombre-máquina o HMI donde se editarán las referencias que se deben cortar y se visualizará el estado del funcionamiento del equipo, alarmas y mensajes de diagnósticos, ya que estos son vitales para evitar que se realicen revisiones innecesarias por parte del personal de mantenimiento en busca de anomalías presentes en la máquina. Es importante destacar que el equipo estudiado es apto para una mejora implementando la automatización diseñada en aras de ahorrar costos, tiempo de ejecución y ser mucho más eficientes y seguros, teniendo presente que cada día los mercados son más competitivos.

El diagnóstico de la máquina cortadora de bobinas de papel estuvo basado en un análisis cualitativo, que permitió evidenciar las debilidades, fortalezas amenazas y oportunidades con las que cuenta el

equipo. Además, fue de vital importancia la experiencia de los operadores y de los técnicos que dan el mantenimiento a la máquina, lo que facilitó la identificación de los principales inconvenientes que afectan el rendimiento productivo de la máquina cortadora rotativa y que causan grandes impactos en la rentabilidad financiera de la empresa.

El diseño simplificado de los diferentes sistemas que conforman el prototipo permitió elegir los componentes necesarios para el desarrollo del proyecto, demostrándose la importancia del diseño como primer paso que se debe dar cuando se pretende realizar un proyecto desde la planificación. También cabe mencionar la etapa del diseño que corresponde a la programación de los diferentes dispositivos en especial el PLC donde se utilizó un diagrama de flujo que facilitó la manera de representar visualmente las tareas que ejecuta internamente el programa que controla el sistema de corte del prototipo de la máquina, y además se conoció lo indispensable que es el uso de los software para diseño en ingeniería y tecnología, especialmente el uso de simuladores que muestran si el programa funciona o no, lo que garantiza que se logren los resultados en el desarrollo y ejecución de algún proyecto.

En el desarrollo y construcción del prototipo se lograron grandes avances en el diseño, desarrollo y puesta en marcha de sistemas electromecánicos en el que fue fundamental el conocimiento adquirido durante la formación académica, donde se obtuvieron resultados satisfactorios que permitieron demostrar por medio del prototipo, lo indispensable que es la implementación del sistema automático de control del corte en la máquina cortadora de pliegos de papel que opera en la empresa CYMACOSTA S.A.S. conocida internamente como Hojeadora, con el que se logrará dar solución a los inconvenientes que actualmente presenta la máquina por exceso de desperdicio y bajo rendimiento productivo.

Es pertinente mencionar que, al aumentar la eficiencia y rendimiento productivo de la máquina, se lograron resultados satisfactorios en la rentabilidad de la empresa. Además, de reducirse los tiempos de paradas, el consumo energético y los costos de producción. Lo que permitió brindar mayor espacio al departamento de mantenimiento para intervenir el equipo, manteniendo el equipo

disponible y confiable. Teniendo presente que la confiabilidad, la disponibilidad y la mantenibilidad son herramientas poderosas, que permiten en gran medida la toma de decisiones del personal encargado del mantenimiento de los equipos industriales. Y lo más importante del proyecto es que el retorno a la inversión se obtendrá en un corto plazo debido al alto porcentaje de utilidad obtenido y que solo se invertirá en los elementos del sistema de control debido a que se utilizará todo el sistema mecánico con el que cuenta actualmente la máquina cortadora de pliegos.

Recomendaciones

Las siguientes recomendaciones están establecidas por los autores de este proyecto.

Para la investigación y desarrollo de este proyecto se tuvieron en cuenta muchos aspectos de seguridad industrial debido al enfoque principal de este proyecto el cual se basa en automatizar el sistema de corte de la máquina antes mencionada para lograr mejoras continuas en aquellos factores negativos y positivos de la máquina, como por ejemplo, uno de los más importantes que es minimizar la intervención manual del recurso humano para mitigar los riesgos a los cuales están sometidos los trabajadores de la máquina por el uso de herramientas de corte empleadas en esta máquina y por ende se recomienda llevar a cabo lo antes posible la implementación de este proyecto a una escala real en la máquina cortadora de bobinas de papel marca Premier modelo KSSM60 en la empresa CYMACOSTA S.A.S. con lo cual se obtendrán mejores resultados en la producción.

Una vez sea llevado a cabo la implementación de este proyecto se garantizarán los siguientes factores positivos:

- ✓ Aumentar considerablemente la producción.
- ✓ Disminuir los costos de producción.
- ✓ Aumentar la seguridad del sistema de corte.
- ✓ Mejorar la calidad de los productos.
- ✓ Minimizar los desperdicios generados.
- ✓ Disminuir la intervención del recurso humano.
- ✓ Aumentar la rentabilidad de la máquina.
- ✓ Proteger la integridad física de los trabajadores.
- ✓ Aumentar el nivel competitivo frente al mercado laboral.
- ✓ Brindar beneficios sociales.
- ✓ Demostrar mayor interés por el medio ambiente.

XI. BIBLIOGRAFIA

- [1] Cajas de cartón para exportación del banano. Incarpalm. [Online]. Available: <http://incarpalm.com.ec/incarpalm/cajas-de-carton-para-exportacion-de-banano/>
- [2] E. Garcia Moreno, Automatizacion de procesos industriales. Presente Edicion:Editorial Universidad Politécnica de Valencia, 1999.
- [3] Encoder Products Company. Que es un Encoder [Online]. Available: <https://www.encoder.com/article-que-es-un-encoder>
- [4] Engranajes o Ruedas Dentadas. La escuela técnica [Online]. Available: <https://laescuelatecnica.jimdofree.com/ruedasdentadas/#:~:text=Se%20denomina%20engranaje%20o%20ruedas,corona%20y%20la%20menor%20pi%C3%B1%C3%Bn.>
- [5] G. D. Moreno Jaramillo, "Análisis y propuesta de un sistema de control semiautomático para la máquina micro corrugadora de la empresa Grupasa S.A", Trabajo de grado, Universidad católica de Santiago de Guayaquil, Guayaquil, 2017.
- [6] GSL. Que es un plc y como funciona. [online]. Disponible en: <https://industriasingsl.com/blogs/automatizacion/que-es-un-plc-y-como-funciona>
- [7] Isotools Exelent. Por qué automatizar los procesos en tu organización [Online]. Available: <https://www.isotools.org/2018/03/28/por-que-automatizar-los-procesos-en-tu-organizacion/>
- [8] ITP. Cadenas industriales. [Online]. Available: http://www.iptbrand.com/cadenas_industriales.html#:~:text=Una%20cadena%20es%20un%20componente,%2C%20BS%2C%20DIN%20y%20JIS.
- [9] L. A. Lifoncio Taípe, "Sistema de control automático para reducir pérdidas de mineral en el proceso de molienda de la Planta Ousstanding Mining", Trabajo de grado, Escuela académica profesional de energía eléctrica, peru, 2018.
- [10] N.S. Nieto Huertas, S.G. Ladino, "Diseño de un sistema automatizado para el proceso de aplicación de pintura en filtros sellados de aceite y combustible para la empresa Filtros Master S.A", Trabajo de grado, Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas, 2020.
- [11] R. Hernández Gaviño, introducción a los sistemas de control. Primera Edición: Pearson Educación de México S.A, 2010.
- [12] Rodamiento lugo Hermanos - Proveedor Integral de Soluciones para la Industria [Online]. Available: <https://www.lugohermanos.com/blog-industrial/queesunrodamientoyparaquesirve/#:~:text=Rodamiento%20es%20la%20denominaci%C3%B3n%20que,apoyo%20y%20facilita%20su%20funcionamiento.>

- [13] Rodillos transportadores, Embalajes Terra Packaging". Blog de Embalajes Terra.. [Online]. Available: <https://www.embalajesterra.com/blog/rodillos-transportadores-embalaje/>.
- [14] S.R.Veintimilla Fierro, M.R Marmol Criollo, "Automatizacion de las máquinas corrugadoras y cortadora de carton, utilizando una red de variadores de velocidad controlados por un PLC Siemens via protocolo USS", Trabajo de grado, Escuela Politecnica Nacional, 2005.
- [15] Telecopio.Galileo. Analisis FODA definicion-caracteristicas-ejemplos [Online]. Available: <https://obgin.net/cursos/wp-content/uploads/2019/10/AnalisisFoda.pdf>
- [16] W.F. Flores Cano, F.O. Olaya Velásquez, "Diseñar e implementar un control de velocidad automatizado de una decantadora en la línea de visceras de una empresa de renderig", Trabajo de grado, instituto tecnologico metropolitano, cali , 2017.
- [17] Weg Sensores Opticos", Linea de sensores opticos. [Online]. Available: https://www.weg.net/catalog/weg/BR/es/Seguridad-de-M%C3%A1quinas%2C-Sensores-Industriales-y-Fontes-de-Alimentaci%C3%B3n/Sensores-Industriales/SensoresFotoel%C3%A9ctricos/Sensores%20%C3%93pticos/p/MKT_WDC_BRAZIL_SENSORS_OPTIC_SENSORS#:~:text=Son%20sensores%20cuyos%20elementos%20de,y%20retornan%20al%20elemento%20receptor
- [18] Wonderware. El interfaz entre el proceso y los operarios. [Online]. Available: [https://www.wonderware.es/hmi-scada/que-es-hmi/#:~:text=El%20Interfaz%20Hombre%2DM%C3%A1quina%20\(HMI,procesos%20industriales%20y%20de%20fabricaci%C3%B3n](https://www.wonderware.es/hmi-scada/que-es-hmi/#:~:text=El%20Interfaz%20Hombre%2DM%C3%A1quina%20(HMI,procesos%20industriales%20y%20de%20fabricaci%C3%B3n).
- [19] Ziehl-Abegg. Convertidores de Frecuencia [Online]. Available: <https://www.ziehl-abegg.com/es/industrias/convertidores-de-frecuencia>

ANEXOS.

Anexo A. Reporte de tiempos y producción de la cortadora de pliegos.



CORRUGADORA Y MAQUILADORA DE LA COSTA S.A.S
REPORTE DE TIEMPO Y PRODUCCIÓN HOJEADORA



Fecha: 29-04-22
 Turno: I
 Operador: Gabriel Eker
 No. Operarios: 3

Referencia: P 1110
 Hora Inicio Prod. 6 am
 Hora Final Prod. 2 pm

1. Cambio de rollos
2. Falta de montacargas clam paper
3. Daño mecánico
4. Daño eléctrico
5. Cambio de referencia
6. Falta de Aire comprimido
7. Atranques
8. Paros por aseo
9. Cuadre de Bandas Transportadoras
10. Reviente de Papel
11. Falta Montacargas uña
12. Amarre de división
13. Escoger material
14. Paro operacional
15. Cambio de Cuchillas
16. Cambio de bandas Troqueladora
17. Reparación Troquel
18. Falta de personal
19. Falta de fluido eléctrico
20. Falta de espacio de almacenamiento
21. Mantenimiento programado
22. Paros especiales
23. Paros por comida
24. Falta de material
25. Paro por falta de estiba

1.	20
2.	
3.	35
4.	40
5.	35
6.	
7.	25
8.	30
9.	15
10.	
11.	
12.	
13.	
14.	
15.	
16.	
17.	
18.	
19.	
20.	
21.	
22.	15
23.	30
24.	
25.	

Observaciones: Corte defectuoso 500

No.		Unidades
Estibas	x	47.000
Bultos	x	
Unidades	x	
Total Hojeadora	x	

MECATE		
Inicio	Fin	Total
Blanco		
Amarillo	4.40	3.60

Rev. 0 30/04/2020 FPCYM-003

Anexo B. Orden de trabajo realizado en cortadora de pliegos



CORRUGADORA Y MAQUILADORA DE LA COSTA S.A
ORDEN DE TRABAJO



ORDEN DE TRABAJO No.: _____ Fecha de generación: abril 30 / 2022

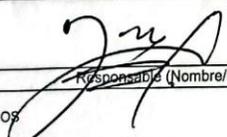
Descripción OT:
Se realiza control eléctrico de la máquina Hojeadora. La máquina no enciende. Se encontró un Pele dañado.

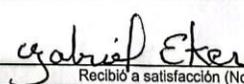
Tipo de trabajo:	<input type="checkbox"/> Mec	<input checked="" type="checkbox"/> Ele	<input type="checkbox"/> Otro	Falla: <u>FA215</u>	Horómetro:
Tipo mnto:	<input checked="" type="checkbox"/> Cor	<input type="checkbox"/> Prv	<input type="checkbox"/> Prd	Fecha daño: <u>Abil 30/22</u>	Kilometraje:
Maquina:	Parte maquina:	Modelo:	Serie/Placa:		

MATERIALES					
ITEM	DESCRIPCIÓN	CANT.	ITEM	DESCRIPCIÓN	CANT.
1	Base de pele de 16 pines	1			
2	pele de 16 pines	1			

MANO DE OBRA				
Fecha	Oficio	Nombre	T1 HH:MM	
	Electromecánico	José Barrios	1	
	Aux. Mantenimiento	Eduardo de Oro	1	

CONTROL DE TIEMPOS			
Tiempo Improductivo Real (DD/HH/MM):	<u>1</u>	Tiempo de duración(DD/HH/MM):	<u>1</u>
Tiempo Logístico (DD/HH/MM):		Tiempo horas hombre (DD/HH/MM):	

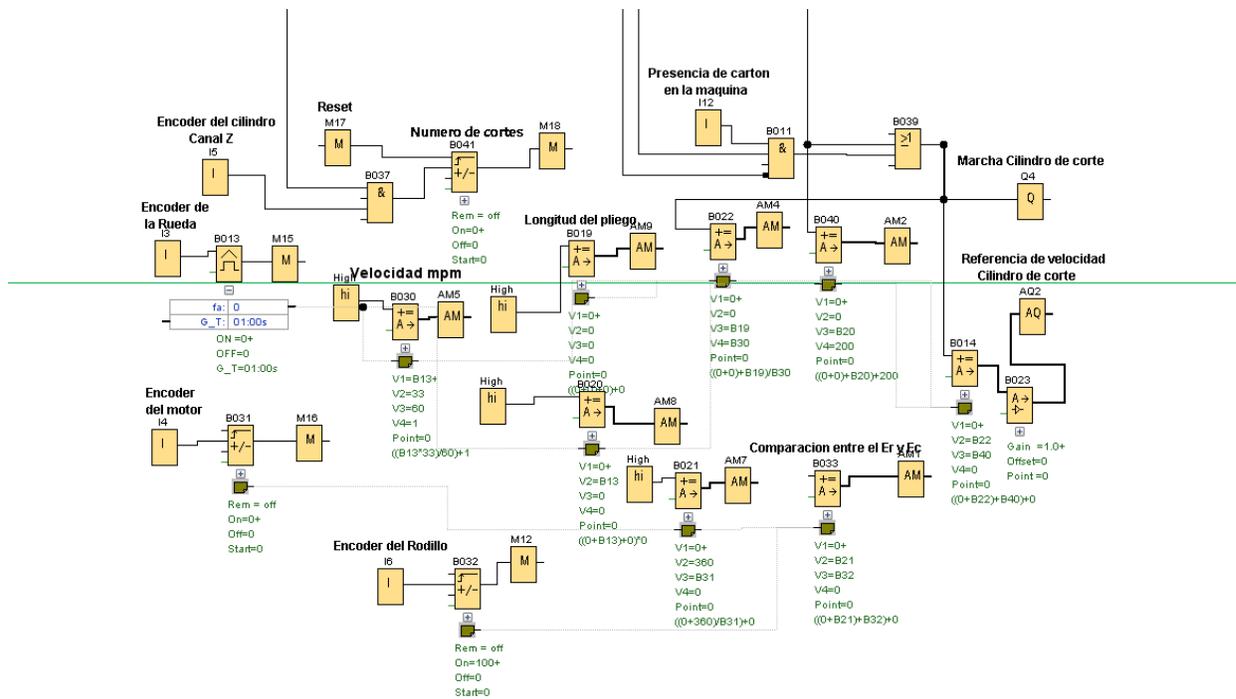
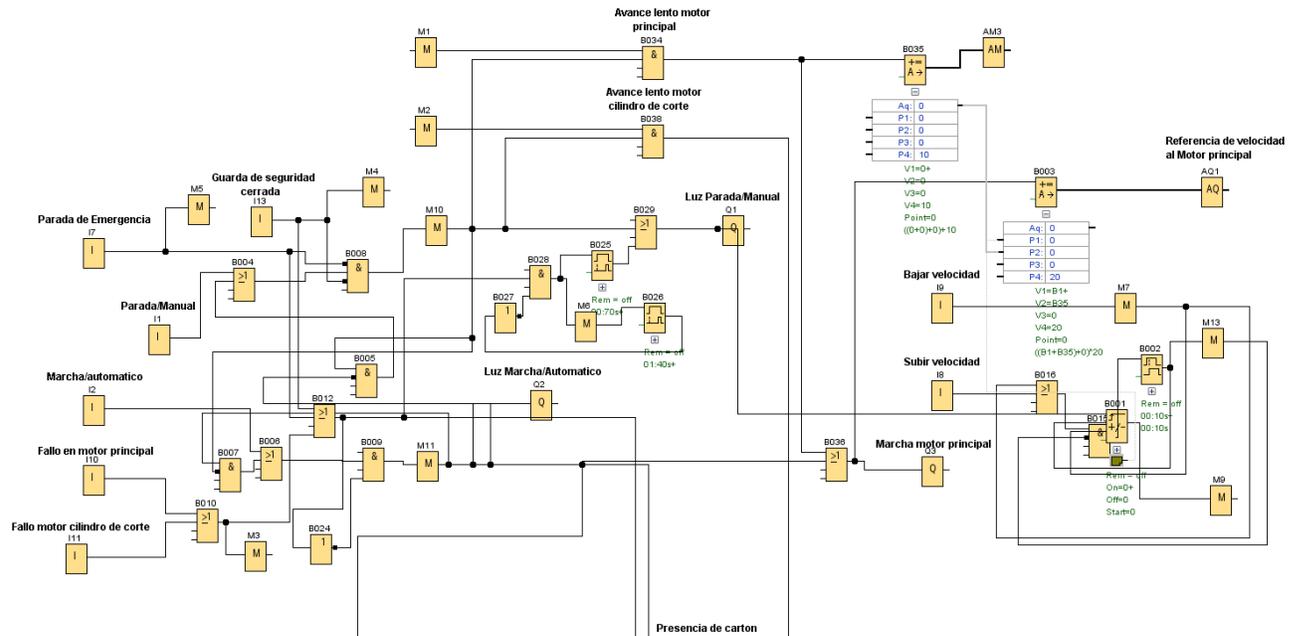

 Responsable (Nombre/Firma)


 Recibió a satisfacción (Nombre/Firma)

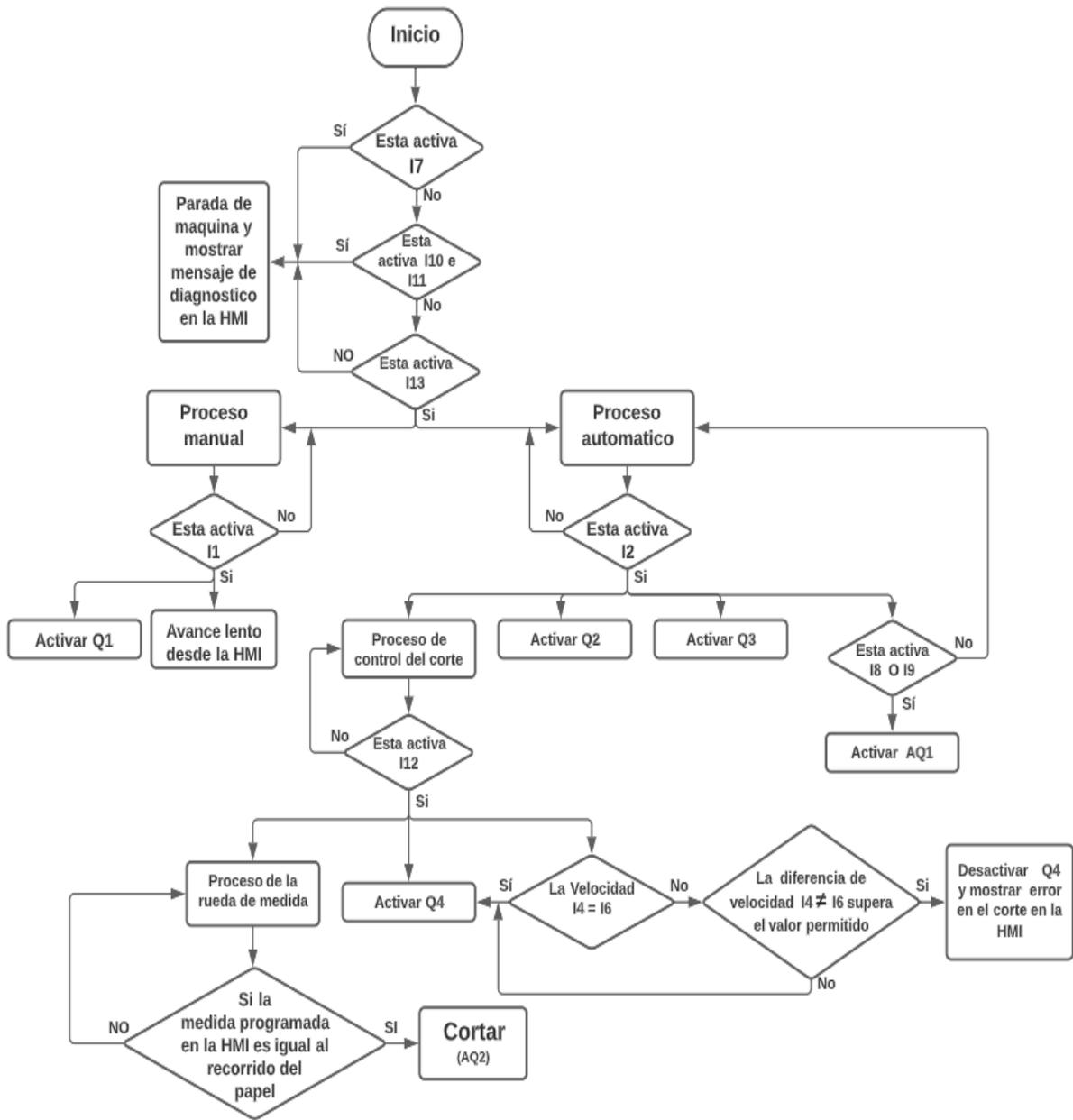
COMENTARIOS

Se encuentran varios bornes desajustados. Programar Ajuste de Conexiones.

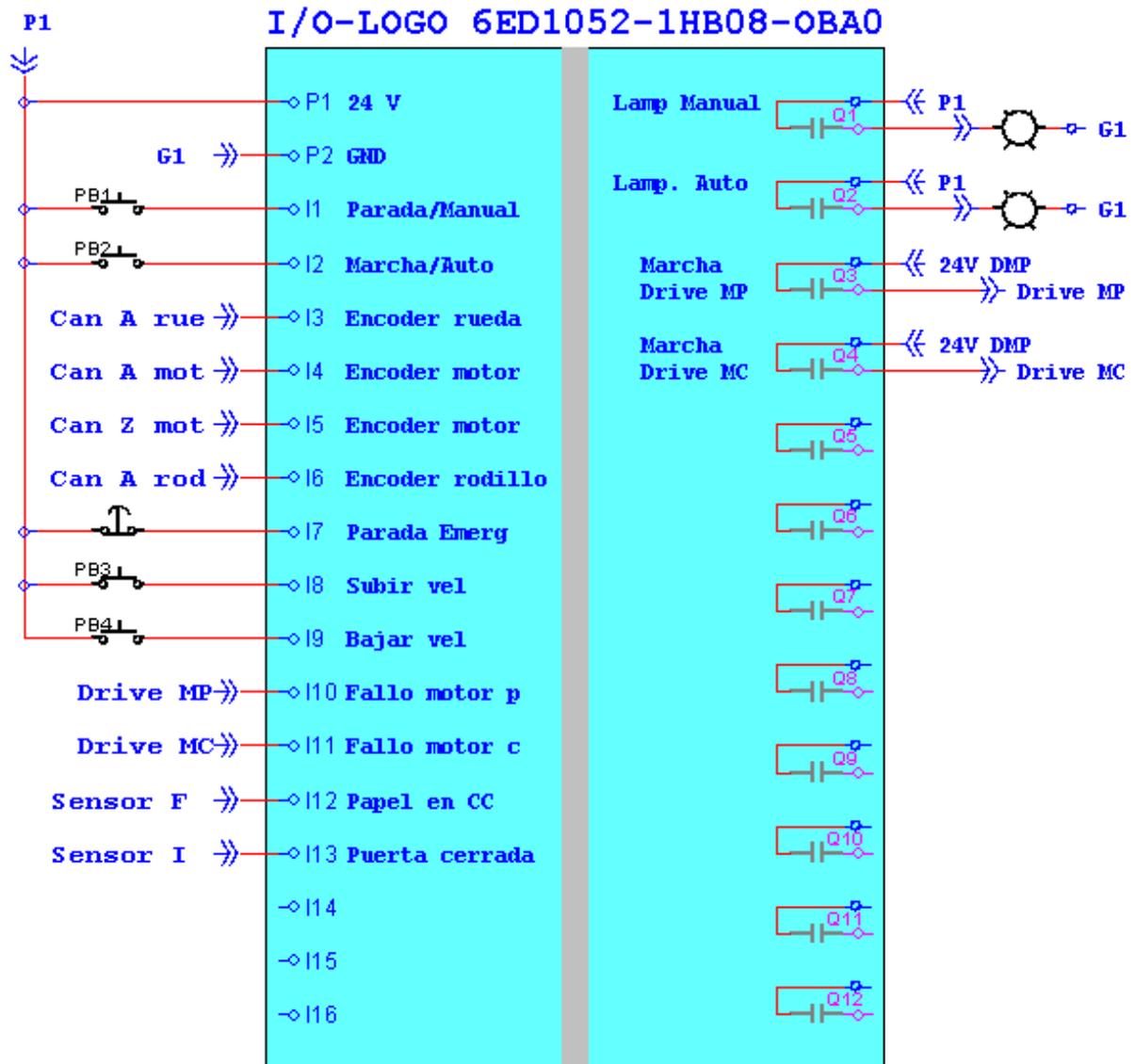
Anexo C. Programa en LOGO Soft Comfort V8.3



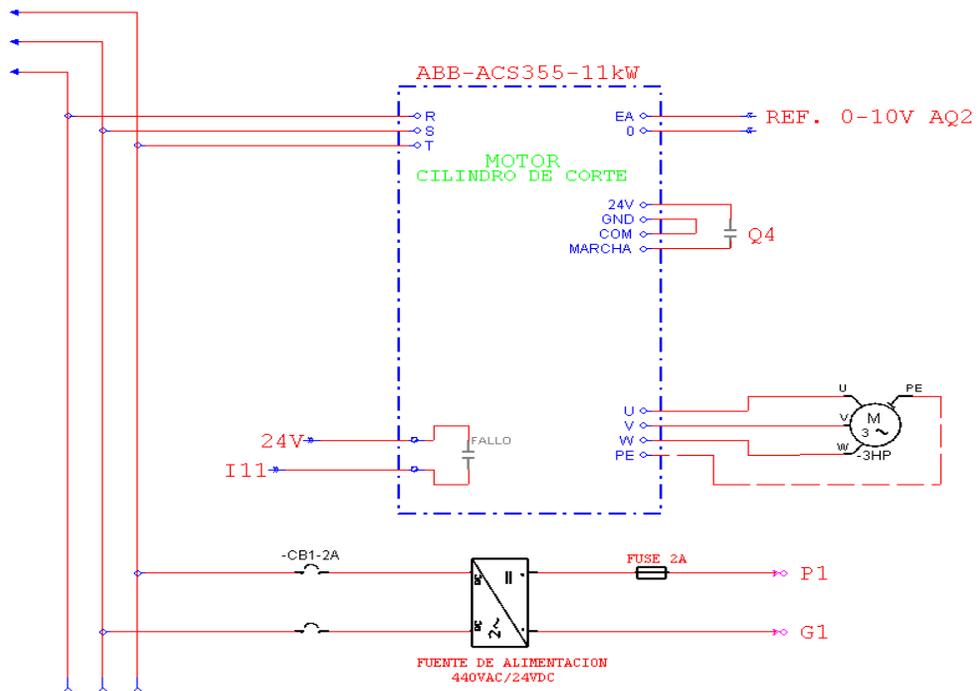
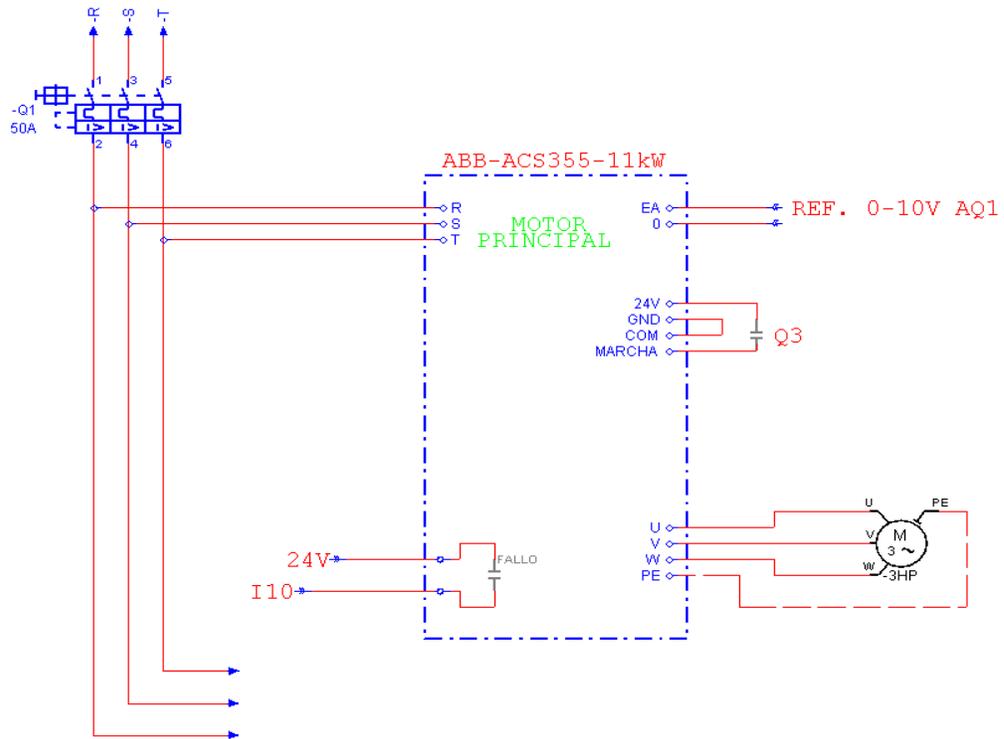
Anexo D. Diagrama de flujo del programa.



Anexo E. Entradas y salidas del PLC



Anexo F. Circuito de potencia.



Anexo G. Carta de solicitud de permiso

Santamarta, 23 Febrero de 2022

Señor:
Eliecer Corro
Gerente CYMACOSTA S.A.S.

El presente es para solicitar el permiso de poder realizar el anteproyecto en la fábrica de cartón, en la maquina cortadora rotativa conocida internamente con el nombre de Hojeadora. Como es de su conocimiento nosotros somos estudiantes de Quinto y Sexto semestre del programa Tecnología en Mantenimiento Electromecánico Industrial de la universidad Antonio Nariño. Con el deseo de poner en práctica todo nuestro conocimiento adquirido queremos realizar el diseño de **Automatización del sistema de corte de la máquina cortadora de bobinas de papel a pliegos marca Premier modelo KSSM60 en la empresa CYMACOSTA SAS.** El cual será de gran utilidad ya que su implementación permitirá aumentar la velocidad de producción, generando resultados satisfactorios en la productividad y además de mejorar la exactitud del corte reduciendo considerablemente el desperdicio.

De antemano queremos agradecerle su apoyo incondicional para lograr nuestras metas académicas y poder devolver en gratitud la aplicación de nuestros conocimientos en el mejoramiento de los procesos de producción de nuestra empresa.

Por su atención prestada.

Gracias.



Orlando Avendaño Montenegro
CC. 1083452823



Manuel David Vega Colorado
CC. 1083018072



Anexo H. Carta de aprobación por parte de la empresa.



CORRUGADORA Y MAQUILADORA DE LA COSTA S.A.S.
NIT: 900.335.668-2

Santa marta, mayo 11 de 2022

Señores:

ORLANDO JAVIER AVENDAÑO MONTENEGRO
CC. 1083452823

MANUEL DAVID VEGA COLORADO
CC. 1083018072

La presente tiene como objeto, informar que su **PROYECTO** del prototipo del sistema de corte para la maquina cortadora rotativa marca Premier modelo KSSM60 (Hojeadora) es viable para desarrollarlo en la empresa CYMACOSTA S.A.S.

Elicer corro lopez

Gerente