



**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**

**“AUTOMATIZACION DE CARGA DEL SECADERO EN
IMPRESORA DE LACA SIA 06”**

AUTOR

DELIO MAURICIO GAVIRIA ARIAS

UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA

**FACULTAD DE INGENIERIA, DEPARTAMENTO
DE ING. ELECTRICA,**

MEDELLIN, COLOMBIA

2019





UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA

**“AUTOMATIZACION DE CARGA DEL SECADERO EN IMPRESORA DE LACA
SIA 06”**

DELIO MAURICIO GAVIRIA ARIAS

**INFORME DE PRÁCTICA COMO REQUISITO PARA OPTAR AL
TITULO DE: INGENIERO ELECTRICISTA**

**JUAN ESTEBAN SIERRA (ING. ELECTRICISTA)
ASESOR INTERNO**

**WILFER ANDRES NIETO (ING. ELECTROMECHANICO)
ASESOR EXTERNO**

**LOCERIA COLOMBIANA S.A.S.
EMPRESA**

UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA
MEDELLÍN
2019

CONTENIDO

INDICE DE IMAGENES	5
INDICE DE TABLAS	5
RESUMEN	6
1. INTRODUCCION	6
2. OBJETIVOS.....	7
2.1 Objetivo General	7
2.2 Objetivos Específicos.....	7
3. MARCO TEORICO.....	7
3.1 Tipos de señales eléctricas.	8
3.1 Controladores lógicos programables (PLC).....	9
3.2 Funcionamiento de un sistema automatizado.....	10
4. METODOLOGIA	10
5. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.....	11
6. RESULTADOS ESPERADOS	12
7. PRESUPUESTO	13
8. DEFINICION DE LOS REQUISITOS DE FUNCIONAMIENTO.....	13
8.1 Descripción del funcionamiento actual	13
8.2Requisitos del sistema	15
9. ANALISIS DE PLANOS ELECTRICOS DE LOS EQUIPOS EXISTENTES	16
10. DISEÑO CONCEPTUAL DEL SISTEMA	18
10.1. Sistema mecánico propuesto	18
10.2 Sistema eléctrico propuesto.....	20
10.3 Funcionamiento del sistema electromecánico propuesto	20
10.4 Definición de entradas y salidas lógicas.....	22
11. DISPOSITIVOS ELECTRICOS Y ELECTRONICOS REQUERIDOS	23
12. CONDICIONES LOGICAS PARA PROGRAMACION.....	25
12.1 Selector en posición 0. Formato de papel 1, 3 hojas.	25
12.2 Selector en posición 1. Formato de papel 2, 4 hojas.	26
12.3 Seguridad y confirmaciones del sistema para ambos formatos de papel	26
13. MANTENIMIENTO DEL SISTEMA ELECTRICO	27
13.1 Impresora de laca SIA 06.....	27

13.2 Secadero vertical PSE	27
13.2 Transferidor de papel impresora de laca SIA 06	28
14. RESULTADOS PERSONALES Y PROFESIONALES	29
15. CONCLUSIONES.....	30
16. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	30



INDICE DE IMAGENES

Imagen 1. Impresión en papel y con capa de laca	13
Imagen 2. Impresión en sin papel.....	13
Imagen 3. Impresora de laca SIA 06	11
Imagen 4. Banda de entrada impresora.....	14
Imagen 5. Banda de salida de la impresora	14
Imagen 6. Transferencia de papel al secadero	14
Imagen 7. Secadero vertical.....	15
Imagen 8. Banda de salida del secadero apilado de papel.....	15
Imagen 9. Plano eléctrico de la impresora pag 6.....	16
Imagen 10. Pedal accionado por el operario.....	17
Imagen 11. Señal enviada por el operario por medio de un pedal.....	17
Imagen 12. Señal de entrada al PLC.....	18
Imagen 13. Sistema análogo para cambio de vías.....	19
Imagen 14. Banda de salida del secadero.....	19
Imagen 15. Esquema del sistema total electromecánico.....	21

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características de las señales análoga y digital	9
Tabla 2. Servicios y equipos mecánicos a cotizar.....	20
Tabla 3. Definición de entradas del sistema	22
Tabla 4. Definición de salidas del sistema.....	23
Tabla 5. Definición de marcas para información del usuario.....	23
Tabla 6. Dispositivos requeridos, cantidad, descripción y referencia.....	25

RESUMEN

Durante la realización de la práctica empresarial en la empresa LOCERIA COLOMBIANA S.A.S. del grupo CORONA, se propuso un sistema de automatización el cual para realizar de forma automática la transferencia de papel entre la impresora de laca SIA 06 y el secadero vertical. El sistema consta de una banda con cambio de vía, PLC, sensores, cilindros neumáticos y motores que permitirán la carga de papel al secadero sin intervención de ningún operario. Para esto se planteó un sistema mecánico y eléctrico que cumple con los requerimientos de producción, calidad, cantidad y seguridad; el cual a la vez integra el sistema con el control de la impresora y el secadero ya existentes.

Este proyecto pretende eliminar los riesgos laborales asociados a los movimientos repetitivos de los operarios, aumentar la flexibilidad y productividad del sistema, reducir los costos operativos y liberar recurso humano valioso. Para ello se estudiaron los requerimientos de la automatización y planos de las máquinas, se cuantificaron y especificaron todos los dispositivos, y se propone un sistema mecánico para el automatismo.

Palabras claves: Automatización, transferencia, sensores, flexibilidad, productividad, PLC, papel.

1. INTRODUCCION

Las jornadas de trabajo donde se realizan labores repetitivas y constantes, pueden generar un riesgo laboral debido al permanente movimiento de los operarios, donde los músculos y articulaciones que se usan son los mismos en el transcurso de la jornada laboral [1].

La alta repetición y velocidad de los movimientos y acciones que se deben realizar con cada una de las extremidades superiores es un factor de riesgo a considerar.

Al reducir las acciones u operaciones dentro de la unidad de análisis, es posible minimizar la influencia de la frecuencia en la aparición de algún trastorno músculo esquelético. Es posible reducir el número de acciones mediante la compensación o cesión de acciones a otros puestos menos saturados, mecanizando o automatizando la actividad a realizar [1].

CORONA, siempre ha considerado su talento humano como el insumo más importante para la elaboración de sus productos, por ello nace la necesidad de la automatización en la impresora de laca SIA 06 con el objetivo de disminuir el riesgo de lesiones en sus operarios. Básicamente, la automatización se encargará de tomar y organizar el papel después de impreso, transferirlo y disponerlo en el secadero sin necesidad de un operario.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

Diseñar y ejecutar la implementación de un sistema automático para la transferencia de papel de la impresora de laca al secadero.

2.2 Objetivos Específicos

- Definir los requerimientos, condiciones y modos de operación que se necesitan para la automatización.
- Definir un sistema mecánico para realizar la carga de papel al secadero.
- Realizar un diseño conceptual, entradas y salidas.
- Listar los equipos eléctricos y electrónicos requeridos para llevar a cabo el proyecto, como: sensores, actuadores, motores, entre otros.
- Realizar la gestión al interior de la empresa para la aprobación de la inversión.
- Realizar y documentar el código lógico (Lenguaje LADDER), que requiere la automatización.
- Crear un plan de mantenimiento para el equipo basado en TPM.

3. MARCO TEORICO

La automatización es el conjunto de elementos o procesos informáticos, mecánicos y electromecánicos que operan con mínima o nula intervención del ser humano, según La Real Academia de las Ciencias Físicas y Exactas define la automática como el “*conjunto de métodos y procedimientos para la substitución del operario en tareas físicas y mentales previamente programadas*”. La automatización normalmente se utiliza para optimizar y mejorar, tanto el funcionamiento y el rendimiento de procesos industriales, pero igualmente puede utilizarse en múltiples aplicaciones como: la automatización de un hogar o edificio, un estadio, una granja o hasta en la propia infraestructura de las ciudades [2].

Desde los inicios de la humanidad se ha tratado de hacer tareas de la forma más fácil, mejor y rápida, esto es lo que diferencia al ser humano de los demás animales, la capacidad de descubrir, aprender e inventar. Día a día el ingenio y la creatividad conllevan a la humanidad a generar automatismos para cumplir con dichos objetivos [3]. Desde el principio se desarrollaron herramientas para facilitar algunas tareas, fuego para calentarse, cuchillos para partir carne, la rueda facilito el transporte, la comunicación escrita para transmitir y preservar el conocimiento, siempre se está en constante evolución [3].

Un sistema de automatización se conforma por los elementos definidos a continuación:

- **Sensores:** Son dispositivos que permiten detectar y medir variables físicas, estos transmiten información acerca del estado de dichas variables. Por ejemplo,

fotoceldas, termocuplas, sensores inductivos y capacitivos. Los microsiches también dan información de la posición o estado de una máquina [4].

- **Actuadores:** Reciben la información suministrada por sensores, controladores e interfaces y realizan una acción modificando el ambiente. Por ejemplo, bombas, motores, electroválvulas y turbinas [4].
- **Controlador:** Dispositivo o conjunto de dispositivos físicos capaces de recibir información de su entorno, procesarla, registrarla y enviar información a los actuadores en función de los datos almacenados o peticiones del usuario [5].
- **Interfaz:** Son dispositivos que permiten a los usuarios comunicarse con el controlador, es decir son el ‘enlace’ entre el usuario y el sistema para: informar, configurar, establecer parámetros, dar avisos, etc. [4].
- **Pasarelas:** Las pasarelas (Gateway o routers) enlazan sistemas con diferentes protocolos de comunicación. Estos equipos permiten interactuar con otros sistemas inteligentes o comunicarse en remoto con el sistema [4].

3.1 Tipos de señales eléctricas.

Desde la antigüedad se ha tratado de medir, contar, monitorear y registrar variables físicas, con el fin de representar sus valores de modo preciso y eficaz. Las señales eléctricas permiten realizar lo anterior llevando información acerca del estado o valor de dichas variables, las señales eléctricas se pueden caracterizar de dos maneras, señales analógicas o analógicas y señales digitales [6].

- **Señales analógicas o analógicas:**

“Una Señal analógica es una cantidad que se representa mediante un voltaje o una corriente que es proporcional al valor de esa cantidad. Un ejemplo de esto es el velocímetro de un automóvil, en el cual el giro de la aguja es proporcional a la velocidad del auto. La posición angular de la aguja representa el valor de la velocidad y la aguja sigue cualquier cambio que ocurre cuando el automóvil acelera o desacelera” [6].

La principal característica de las señales analógicas es que son señales continuas en el tiempo; es decir, para todo instante de tiempo habrá un valor correspondiente de dicha señal en un rango establecido [6].

- **Señales digitales:**

Una Señal digital es representada por medio de símbolos llamados dígitos, es una señal discreta donde cada cierto lapso toma un valor (Tiempo de muestreo). Los sistemas ON/OFF no toman valores intermedios entre el encendido o apagado; como por ejemplo un TV, no puede estar encendido o apagado en un punto medio o a cierto porcentaje. Las señales digitales cambian en escalones discretos respecto al tiempo, mientras las señales análogas son continuas. Existen ventajas de estas señales respecto a las analógicas, y es que no existe ambigüedad en su lectura ya que toma valores exactos; de otro lado también tiene otras ventajas como: sistemas más fáciles de diseñar, más fácil almacenamiento de la información, mayor exactitud y precisión, menor susceptibilidad al ruido y circuitos electrónicos más pequeños [6]

En la tabla mostrada a continuación se listan las características principales de cada tipo de señal.

Señal análoga	Señal digital
Continua	Discreta
Forma de onda sinusoidal	Forma de onda cuadrada
Procesamiento en tiempo real	Mayormente usada actualmente
Requiere poco ancho de banda	Mayor costo económico
Pierde calidad con las copias	No pierde calidad con las copias
Baja transmisión a largas distancias	Alta transmisión a largas distancias
Menor capacidad de transmitir datos	Mayor capacidad de transmitir datos

Tabla 1. Características de las señales análoga y digital.

3.1 Controladores lógicos programables (PLC).

Con el desarrollo de la industria a mediados del siglo XX surgieron nuevos procesos, estos cada vez exigían controlar y supervisar más variables físicas a mayores velocidades. Fue imposible para el ser humano controlar por medio de sus sentidos, habilidades motrices, memoria y velocidad que el proceso demandaba. Debido a esta imposibilidad y a los avances de la ciencia y la tecnología en los dispositivos electrónicos, fue posible crear dispositivos electrónicos como los controladores lógicos programables PLC por sus siglas en ingles Programmable Logic Controller, que podían memorizar, recibir información, procesarla y ejecutar órdenes con bajo consumo energético, tamaño reducido y bajo costo [5].

Un PLC recibe en las entradas señales eléctricas que procesa, y según su programación emite señales eléctricas en las salidas. Generalmente las variables físicas que se quieren controlar como: temperatura, posición, presión, movimiento, iluminancia... entre otras, no

son señales eléctricas; los sensores, son los encargados de convertir dichas variables físicas en señales eléctricas. El PLC en sus salidas tampoco es capaz por si solo de alterar las variables físicas que se desean controlar, lo anterior lo realiza enviando comandos por medio de señales eléctricas sean analógicas o digitales a los actuadores, estos sí manipulan las variables físicas como: motores, válvulas, quemadores o resistencias, variadores de velocidad, lámparas... entre otros [5].

3.2 Funcionamiento de un sistema automatizado.

En un sistema automático los sensores captan información de las variables, por ejemplo: presencia, temperatura, presión...entre otras. Toda la información captada por los sensores es recibida por el controlador, en el caso industrial los controladores utilizados son llamados PLC (Programmable Logic Controller). En este dispositivo es donde se ubica la “Inteligencia del sistema”, allí se recibe y procesa la información; luego, según la secuencia lógica programada ordena a los actuadores la realización de una o más acciones. Por ejemplo, los actuadores pueden ser: motores, electroválvulas, relés, pilotos, ventiladores, bombas, entre otros.

El sistema normalmente es usado por un operario, el cual puede realizar ajustes para cambios de referencias, además pueden ocurrir bloqueos inesperados en la máquina por falla de algún dispositivo (sensores, actuadores, dispositivos mecánicos, hidráulicos y neumáticos), las máquina también puede tener varios modos y velocidades de trabajo, asimismo las máquina pueden brindar información de su estado como: alarmas, número de piezas producidas, modos de operación, tiempo de trabajo y niveles de materia prima. Todo lo anterior se puede visualizar y operar a través de una interfaz; Por ejemplo: botoneras, pulsadores, perillas, pantallas, computadores, celulares, combinaciones de los anteriores, entre otros.

4. METODOLOGIA

1. Hablar con los operarios de la impresora, para determinar los requerimientos reales de la automatización, con el fin de que se desarrolle sin sobre costos.
2. Realizar un estudio de los planos actuales para lograr el completo entendimiento del funcionamiento de la máquina.
3. Hacer un bosquejo preliminar del sistema para definir cantidad de sensores y actuadores requeridos.
4. Analizar los sistemas similares ya implementados en la empresa, con el propósito de generar ideas para la implementación del sistema mecánico.
5. Balance de los sensores y actuadores requeridos, realizar un listado de los componentes eléctricos adicionales requeridos como: cableado, protecciones, tablero, variadores de velocidad y demás insumos.

7. PRESUPUESTO

Descripción	Costo
Sueldo practicante	\$ 7'453.000
Equipo de cómputo	\$ 1'600.000
Documentación y papelería	\$ 300.000
Equipos (Eléctricos y mecánicos), mano de obra.	\$26.354.000
TOTAL	\$ 35.707.000

8. DEFINICION DE LOS REQUISITOS DE FUNCIONAMIENTO

8.1 Descripción del funcionamiento actual

El proceso de decoración de platos requiere de impresiones especiales. Para realizar dichas impresiones inicialmente se imprime en papel el diseño con sus respectivos colores en papel, luego se agrega mediante otra impresora una capa de laca. Terminado el proceso de impresión se retira el papel, el diseño y colores quedan fundidos con la laca lo que es llamado calcomanía; ésta, es una impresión en un material transparente que será adherido al plato para continuar con el proceso de decoración del plato. En la imágenes (1), se muestra una impresión en papel y en la imágenes (2) la impresión en laca después de retirado el papel.

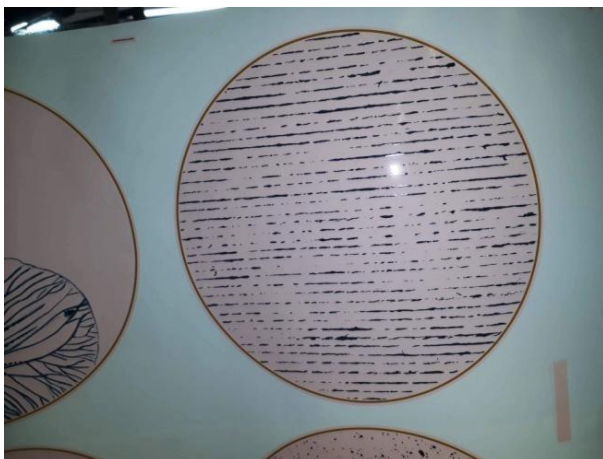


Imagen 1. Impresión en papel y con capa de laca.

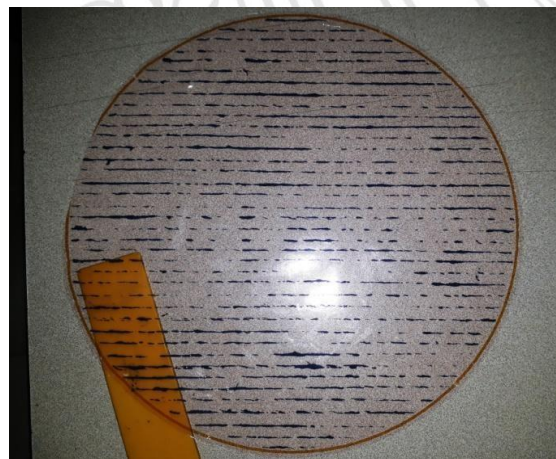


Imagen 2. Impresión en sin papel.

Actualmente en el área de serigrafía se cuenta con varias impresoras, una de ellas es la impresora de laca SIA 06 (Imagen 3.). El proceso inicia con la alimentación del papel a la impresora (Imagen 4.); luego de ser impreso, el papel es dispuesto automáticamente en la banda de salida de la impresora (Imagen 5.), de donde es tomado por una operaria que dispone y organiza el papel impreso en un secadero manualmente (Imagen 6). Una vez dispuesto el papel en el secadero, a la impresión le toma casi cuatro horas para estar completamente seca a temperatura ambiente; luego, las impresiones salen del secadero por medio de una banda donde al final son apiladas en varias casillas. Las imágenes (7) y (8) muestran el secadero y la banda de salida y apilamiento en la salida del secadero respectivamente.

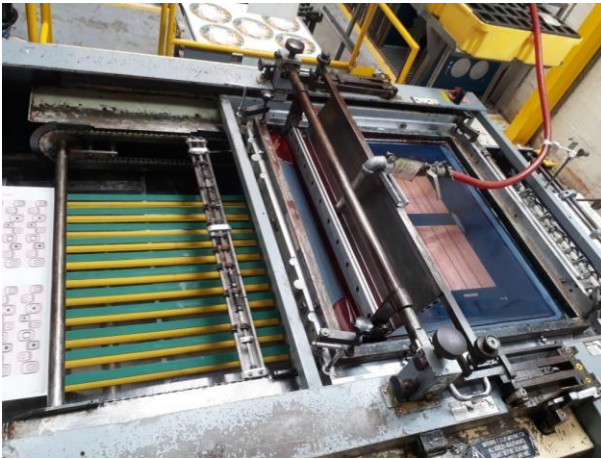


Imagen 3. Impresora de laca SIA 06



Imagen 4. Banda de entrada impresora



Imagen 5. Banda de salida de la impresora

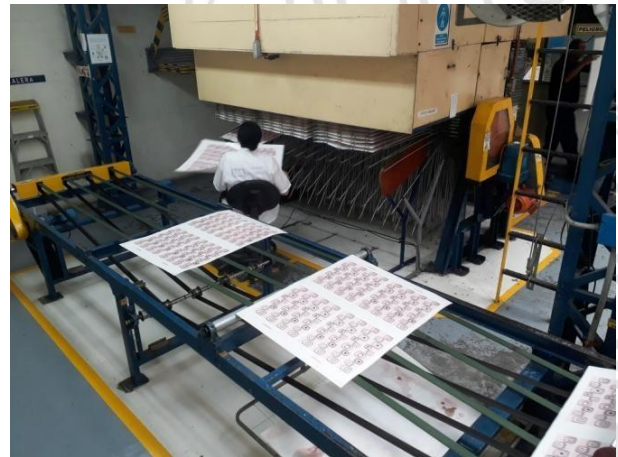


Imagen 6. Transferencia de papel al secadero



Imagen 7. Secadero vertical



Imagen 8. Banda de salida del secadero apilado de papel

8.2 Requisitos del sistema

Hoy para la operación del sistema se requiere de dos operarios en todo momento, el primero para el trabajo de la impresora y el segundo para transferir el papel al secadero, ambos operarios trabajan un solo turno y si se llegara a necesitar un turno o varios turnos para cumplir la demanda se deberán contratar 2 personas por cada turno adicional. Al realizar la instalación del sistema de transferencia automático solo se requerirá de un operario en todo momento para operar el sistema.

A continuación se lista los requerimientos de operación del sistema de transferencia:

1. El sistema de transferencia deberá ser capaz de trasladar dos formatos de papel de diferentes tamaños de 80x60 (grande) y 70x50 (pequeño).
2. Deberá conservar el papel tal y como sale de la impresora, no se debe modificar de ninguna forma (Rasgar, doblar o alterar la impresión estando fresca).
3. Deberá funcionar correctamente a las diferentes velocidades de operación de la impresora.
4. Adecuar correctamente el papel independiente del formato en el secadero.
5. Para que el proceso sea confiable y evitar pérdidas de materia prima el sistema de transferencia debe enviar señales eléctricas de paro, inicio, alarmas y emergencias a los demás equipos.
6. El sistema debe contar con paro de emergencia y ser seguro en lo posible para el operario.
7. El operario deberá hacer los ajustes requeridos manualmente para los cambios de formato.

9. ANALISIS DE PLANOS ELECTRICOS DE LOS EQUIPOS EXISTENTES

Se realizó el análisis de los planos con el objetivo de identificar que entradas y salidas de control son enviadas o recibidas entre las diferentes máquinas que conforman el sistema, con el fin de poder realizar una integración adecuada del transferidor al sistema; dado que, se deben generar condiciones de parada y arranque en la programación según la operación de las demás máquinas.

En el archivo Anexo 1. **Planos eléctricos de la impresora SIA 06**, se encuentran los planos de la impresora SIA 06 de donde se concluye lo siguiente:

- No se evidencia conexión eléctrica alguna entre la impresora y el secadero vertical, son sistemas totalmente independientes.
- Se observa una señal de salida entre la impresora y la banda de salida, dicha señal proviene de un contactor con relé de sobrecarga (OL9), que actúa si se presenta una sobrecarga en el motor de la banda de descarga, realizando un paro en la banda de salida por medio de la ruptura del enclavamiento del motor de la banda. Lo anterior se muestra en la Imagen. 9

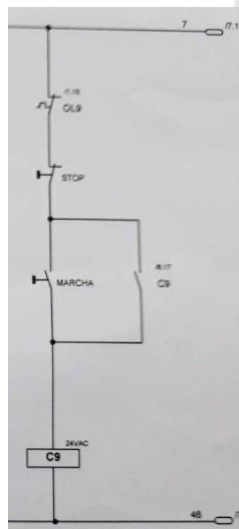


Imagen 9. Plano eléctrico de la impresora pág. 6.

En el archivo Anexo 2. **Planos eléctricos del secadero vertical**, se encuentran los planos del secadero de donde se concluye lo siguiente:

- No se evidencia conexión eléctrica alguna entre la impresora y el secadero vertical, son sistemas totalmente independientes.
- No se evidencia conexión eléctrica alguna entre la banda de salida de la impresora y el secadero vertical, son sistemas totalmente independientes.

- Se observa una señal que es enviada por el operario por medio de un pedal, señal que es la encargada de dar el comando para accionar el paso del secadero. La señal mencionada es la número 25 y llega a la entrada I5 de un PLC marca delta. A continuación, se muestra el plano correspondiente:

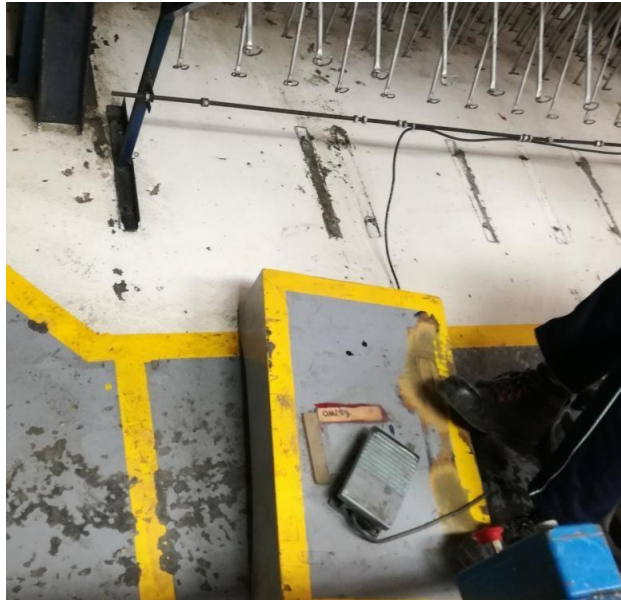


Imagen 10. Pedal accionado por el operario.

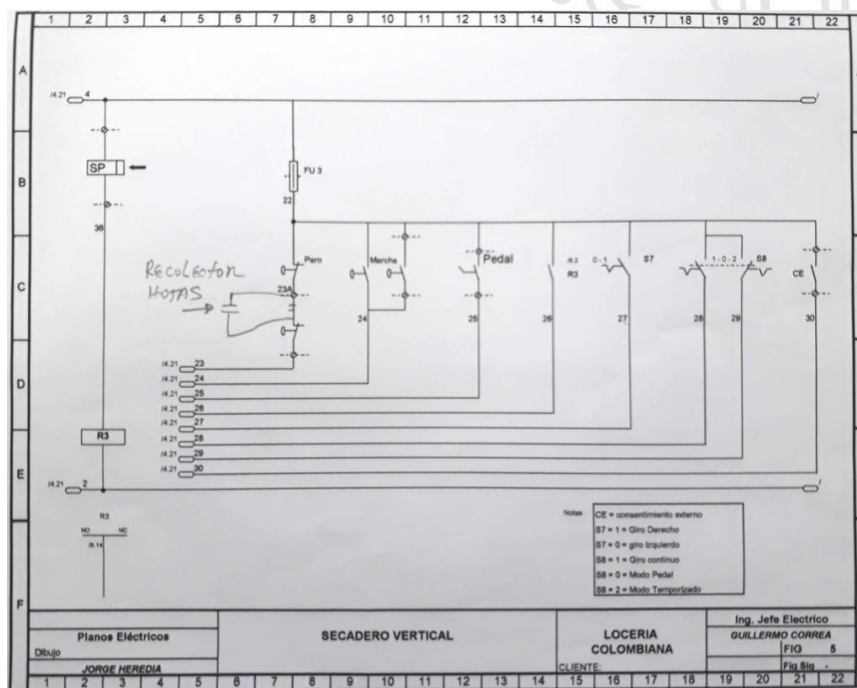


Imagen 11. Señal enviada por el operario por medio de un pedal

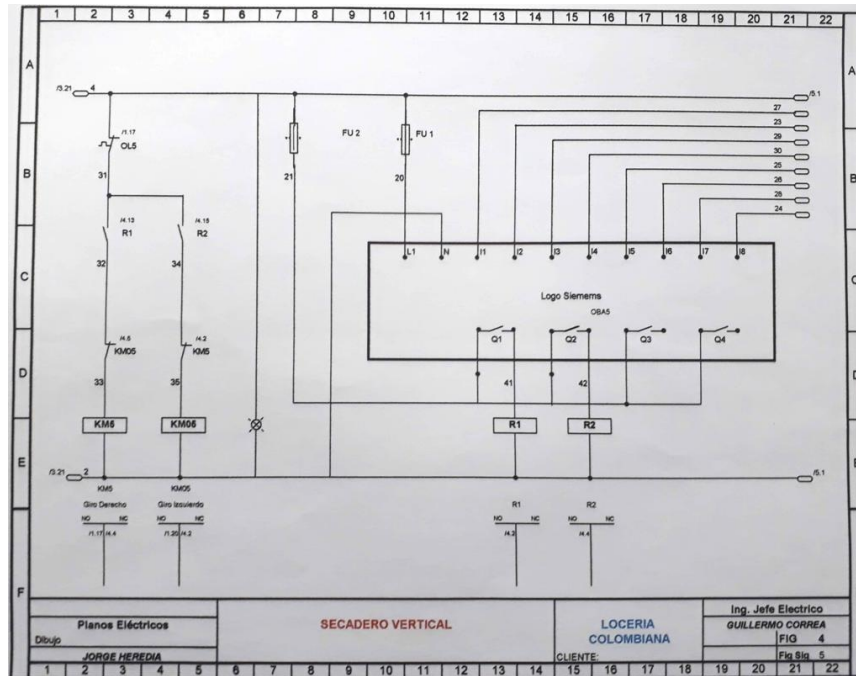


Imagen 12. Señal de entrada al PLC

10. DISEÑO CONCEPTUAL DEL SISTEMA

Para la ejecución del sistema, se proponen sistemas mecánicos ya implementados en la empresa; el diseño, instalación y suministro será por medio de un contratista cotizando en base a los sistemas propuestos. Dicho contratista suministrara también los insumos, dispositivos eléctricos y electrónicos como: PLC, sensores, motores, tablero y cableado. La mano de obra eléctrica estará a cargo del departamento de mantenimiento eléctrico de la empresa.

10.1. Sistema mecánico propuesto

Los sistemas mecánicos requeridos para realizar la automatización se ilustran a continuación:

- **Sistema cambio de vías:** Este sistema se encargara de tomar el papel de la banda de salida de la impresora y enviarlo a otra banda que ingresara el papel al secadero, para que esto sea posible de debe modificar la banda de salida de la impresora usando un pivote para bajar o subir dicha banda, un sistema similar se encuentra en otra impresora de la misma sección ilustrado en la Imagen.

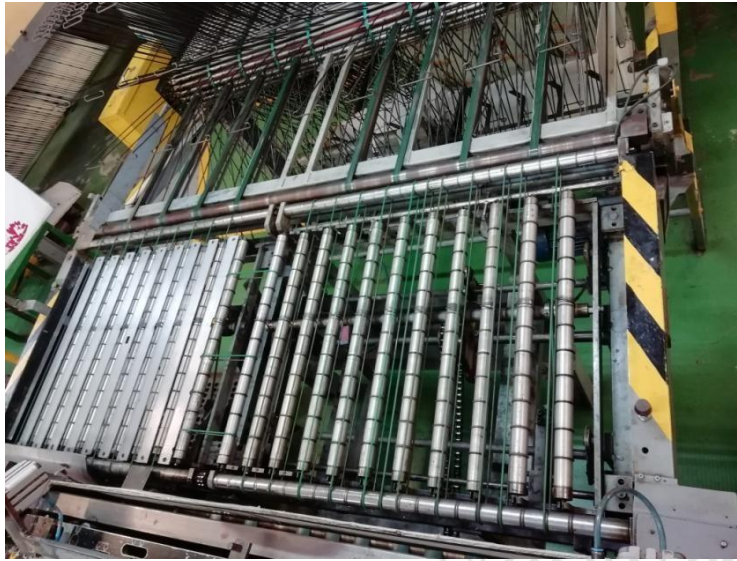


Imagen 13. Sistema análogo para cambio de vías.

- **Banda para entrada al secadero:** Se requiere de una banda para transferir el papel al secadero luego se para por el sistema de cambio de vías, esta banda se propone igual a la banda de salida que ya tiene instalado el mismo secadero, dicha banda se muestra en la imagen.



Imagen 14. Banda de salida del secadero.

La **tabla 2** mostrada a continuación lista los servicios y equipos a cotizar

Ítem	Dimensiones	Cantidad	Observaciones	Responsable
1	DISEÑO, SUMINISTRO E INSTALACION DE BANDA PARA CAMBIO DE VÍAS	1	DE 2.2 MTS DE LONGITUD X 2.5 MTS DE	Contratista
2	DISEÑO, SUMINISTRO E INSTALACION DE SISTEMA DE SEPARACIÓN NEUMÁTICO PARA 4 PUNTOS CON CAMBIO A 3 PUNTOS MECÁNICAMENTE.	1	14 LÍNEAS DE ACERCAMIENTO CON BANDA Y RODILLO	Contratista
3	SUMINISTRO DE TODOS LOS COMPONENTES ELECTRICOS Y ELECTRONICOS.	1	VER NUMERAL 10	Contratista
4	SUMINISTRO E INSTALACION DE MOTORREDUCTOR PARA BANDA	1	ADECUADO PARA MOTOR DE 1.2 KW	Contratista

Tabla 2. Servicios y equipos mecánicos a cotizar.

Las estructuras metálicas de los ítems anteriores deben ir pintadas, las acometidas eléctricas y neumáticas, estarán a cargo del equipo de mantenimiento eléctrico de la empresa.

10.2 Sistema eléctrico propuesto

Para la ejecución del proyecto se propone la utilización de un controlador lógico programable, el cual recibirá señales de 8 sensores que al detectar una hoja enviara comandos tanto a las bandas, sistema neumático, impresora y secadero; adicional a esto, se deben considerar el resto de dispositivos como motores, protecciones, cableado, tablero, controles entre otros. En la **Tabla 4.** se muestran detalladamente las especificaciones y cantidades de los dispositivos eléctricos y electrónicos requeridos para la automatización.

10.3 Funcionamiento del sistema electromecánico propuesto

En la **imagen 15.** se ilustra un esquema básico del sistema electromecánico, donde se integra el sistema eléctrico y mecánico. Las partes encerradas en amarillo son ya existentes y las partes encerradas en rojo son las que se instalaran en el proyecto.

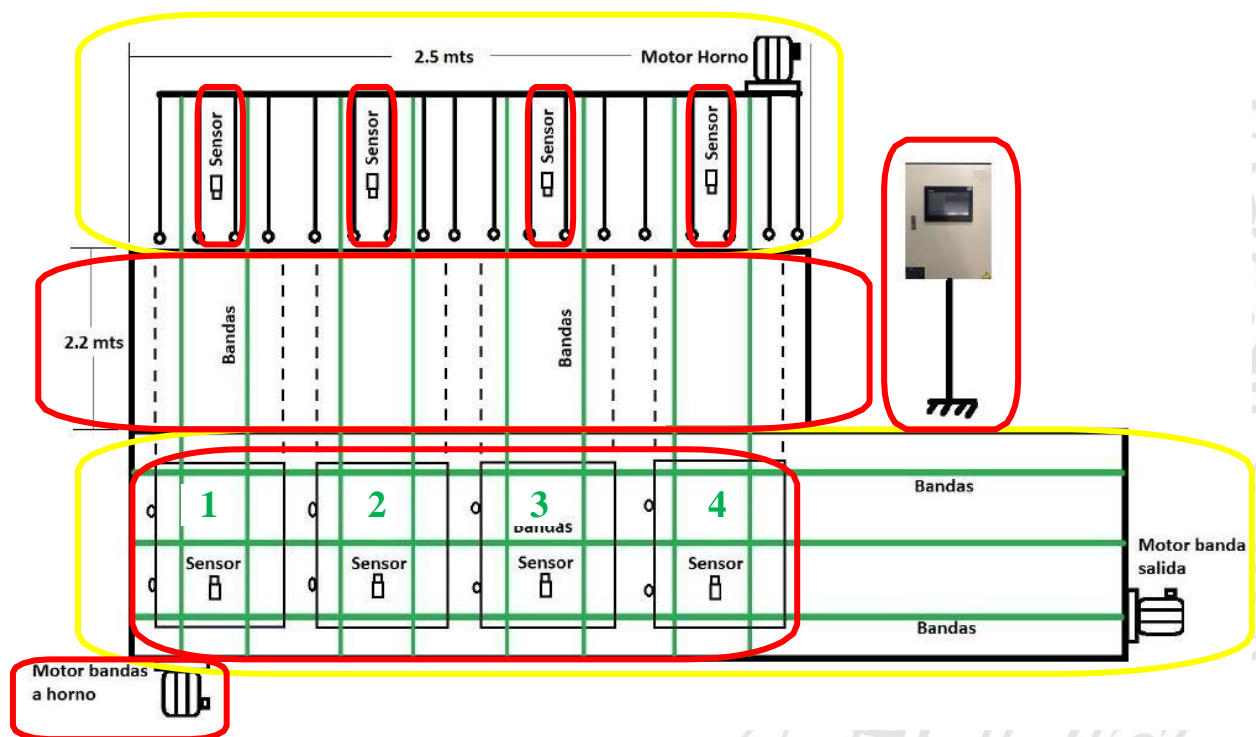


Imagen 15. Esquema del sistema total electromecánico.

Para explicar el funcionamiento se realiza el paso a paso listado a continuación:

- La hoja 1 sale por la banda de salida hasta encontrarse con un tope fijo, donde espera y el sensor 1 envía la señal de presencia de hoja 1, esto hace que se eleve un tope para esperar la hoja 2. La hoja 1 continúa en la banda esperando las hojas faltantes.
- La hoja 2 sale por la banda de salida hasta encontrarse con el tope de hoja 2, donde espera y el sensor 2 envía la señal de presencia de hoja 2, esto hace que se eleve un tope para esperar la hoja 3. La hoja 2 continúa en la banda esperando las hojas faltantes.
- La hoja 3 sale por la banda de salida hasta encontrarse con el tope de hoja 3, donde espera y el sensor 3 envía la señal de presencia de hoja 3, esto hace que se eleve un tope para esperar la hoja 4. La hoja 3 continúa en la banda esperando las hojas faltantes.
- La hoja 4 sale por la banda de salida hasta encontrarse con el tope de hoja 4, cuando el sensor 4 confirma la presencia de la última hoja, envía una señal para que las 4 hojas simultáneamente sean enviadas por medio del cambio de vías a la banda de entrada al secadero.
- Cuando las hojas ingresan en la ubicación adecuada al secadero, los cuatro sensores de hoja en secadero envían una señal la cual da un paso en la transmisión del secadero y baja los topes de todas las hojas.

- Los topes quedan a la espera de más hojas de papel y el proceso vuelve a iniciar el ciclo.

10.4 Definición de entradas y salidas lógicas

A continuación, se definen las entradas y salidas lógicas requeridas para el sistema

ENTRADA	NOMBRE	DESCRIPCION
I 1	Start	Inicia la operación del sistema
I 2	Stop	Detiene la operación del sistema
I 3	Paro de emergencia	Detiene el sistema en caso de emergencia
I 4	Selector formato	Indica el formato de papel que se usara
I 5	Sensor hoja 1 en banda	Detecta la llegada de la hoja 1 en banda de salida
I 6	Sensor hoja 2 en banda	Detecta la llegada de la hoja 2 en banda de salida
I 7	Sensor hoja 3 en banda	Detecta la llegada de la hoja 3 en banda de salida
I 8	Sensor hoja 4 en banda	Detecta la llegada de la hoja 4 en banda de salida
I 9	Sensor hoja 1 en secadero	Detecta la llegada de la hoja 1 al secadero
I 10	Sensor hoja 2 en secadero	Detecta la llegada de la hoja 2 al secadero
I 11	Sensor hoja 3 en secadero	Detecta la llegada de la hoja 3 al secadero
I 12	Sensor hoja 4 en secadero	Detecta la llegada de la hoja 4 al secadero
I 13	Secadero operando	Indica si el secadero este encendido
I 14	Reset	Lleva a condiciones iniciales después de un paro de emergencia.
I 15	Sensor magnético cilindro banda arriba	Confirma que la banda de cambio de salida de la impresora este en posición arriba.
I 16	Sensor magnético topes hoja 2 arriba	Confirma la posición arriba de los topes 2 que reciben la hoja 2
I 17	Sensor magnético topes hoja 3 arriba	Confirma la posición arriba de los topes 3 que reciben la hoja 3
I 18	Sensor magnético topes hoja 4 arriba	Confirma la posición arriba de los topes 4 que reciben la hoja 4
I 19	Disponible	
I 20	Disponible	

Tabla 3. Definición de entradas del sistema.

SALIDA	NOMBRE	DESCRIPCION
Q 1	Motor banda transportadora	Motor de la banda transportadora al secadero

Q 2	Topes hoja 2	Cilindro neumático que sostiene la hoja 2
Q 3	Topes hoja 3	Cilindro neumático que sostiene la hoja 3
Q 4	Topes hoja 4	Cilindro neumático que sostiene la hoja 4
Q 5	Paso secadero	Pulso que indica al secadero que debe dar un paso
Q 6	Alarma 1	Si no se dan las condiciones del programa debe informar, por medio de aviso luminoso o pantalla.
Q 7	Cilindro banda salida arriba y abajo	Sube y baja la banda de salida de la impresora para que se haga el cambio de vía.
Q 8	Stop impresora	Detiene la impresora en caso de un fallo del transferidor
Q9	Disponible	

Tabla 4. Definición de salidas del sistema.

A continuación, se definen las marcas requeridas para mostrar alarmas en la pantalla del PLC, es entendido que por motivos de programación se deberán crear muchas marcas más, pero se indicara las alarmas mínimas requeridas por el sistema.

SALIDA	NOMBRE	DESCRIPCION
M 1	Secadero NO está en operación.	Indica el estado del secadero, debe estar operando para que el transferidor inicie
M 2	Falta de papel en banda	Indica que no han llegado las hojas a la banda de salida por algún motivo.
M 3	No llega papel al secadero	Indica que las hojas despachadas no han llegado en su totalidad al secadero.
M 4	Secadero no da el paso	Por alguna falla el secadero no da el paso.
M 5	Disparo térmico del guardamotor	Indica un fallo en el motor por sobrecarga, por tanto se debe revisar
M 6	Confirmación banda arriba y abajo	Indica la posición de la banda de salida, para confirmar señales.
M 7	Alarma no subida de topes	Si alguno de los topes falla indicara alarma para que se proceda a su revisión.

Tabla 5. Definición de marcas para información del usuario.

11. DISPOSITIVOS ELECTRICOS Y ELECTRONICOS REQUERIDOS

En la **Tabla 4.** se presenta el listado de dispositivos eléctricos y electrónicos requeridos para la automatización, cantidades, referencias y criterio de selección. La mayoría de estos

dispositivos se selecciona teniendo en cuenta el mínimo de repuestos existentes en el almacén de mantenimiento eléctrico, con el fin de facilitar su reemplazo en caso de avería.

CAN T.	DISPOSITIVO	REFERENCIA	CRITERIO
1	PLC DELTA	24V	Debido a que la automatización no es muy exigente ante las especificaciones del PLC se opta por la versión de Delta, este PLC presenta la mejor relación entre funcionalidad y precio para la aplicación.
1	PANTALLA HDMI	7" DELTA 24V	Muestra alarmas y estado del proceso.
1	MODULO DE ENTRADA Y SALIDA	PLC 24V	Se requiere de módulos de expansión de entradas y salidas, esto debido a que el PLC no cuenta con las cantidades suficientes.
8	SENSORES FOTOCELDA	CONCH AUTORREFLEX LS3-1MD	Este tipo de sensor ha dado excelentes resultados en los demás sistemas implementados en la empresa para la detección de papel y existe en el inventario mínimo de repuestos por el área de mantenimiento eléctrico.
1	MOTOR	1.5 HP 440v	Requerido para el movimiento mecánico de la banda
1	SUICHE TOTALIZADOR CANDADEO	3 FASES 440V 20A	Es requerido para poder realizar el trabajo de mantenimiento seguro, así mientras se esté en mantenimiento se garantiza que los componentes eléctricos estén desenergizados.
1	BREAKER TOTALIZADOR	3F – 6A	Protección eléctrica general de todos los dispositivos que forman la automatización.
1	TRAFO 440V – 110V	300 VA	Dado que la alimentación es trifásica 440V, se debe reducir el nivel de tensión para que el sistema de control sea más seguro.
1	GUARDAMOTOR	GV2ME07 1,6 A – 2,5 A	Protección contra sobrecorriente requerida por el motor.
3	PULSADORES	24V	
1	PARO DE EMERGENCIA	M22 – PV/K01	Por seguridad y normatividad todas las máquinas deben llevar un sistema de paro de emergencia.
3	ELECTROVALVULAS NEUMATICAS	24V 5W	Permiten realizar el movimiento de subir y bajar los topes de las hojas mediante cilindros neumáticos.

1	TABLERO ELECTRICO	CERTIFICADO RETIE	Es donde irán dispuestos la mayor parte de los dispositivos eléctricos y electrónicos.
2	BREAKER TRAF0	2*2 A	Protección contra sobre corriente del transformador
30	BORNERAS	24V	Facilita la conexión de terminales entre los dispositivos dentro del tablero eléctrico.
1	CONTACTOR	LCD09 110VAC	Permite la conmutación del motor de la banda.
10	RELE FINDER	24VDC, 6A/250V	Permite conmutar pequeñas cargas para que no sean cargadas directamente al PLC.
1	FUENTE REGULADA	24 VDC	Alimentación de dispositivos de control.
	CABLEADO	CONTROL	Permite la conexión de todos los dispositivos.
	CABLEADO	POTENCIA	Permite la conexión de todos los dispositivos.

Tabla 6. Dispositivos requeridos, cantidad, descripción y referencia.

12. CONDICIONES LOGICAS PARA PROGRAMACION

- Para iniciar el sistema se pulsa el botón start (I.1) de la impresora de laca, este estará conectado al control del transferidor. Por tanto el transferidor también iniciará. (Debe haber una confirmación de que el secadero también esté operando (I13), de lo contrario deberá mostrar una alarma en la pantalla (M.1)
- El motor de la banda de alimentación(Q.1), inicia simultáneamente con el botón start de sistema (I.1)
- El Stop (I.2) detendrá el sistema de transferencia, la impresora y el secadero.
- El paro de emergencia (I.3) deberá actuar sobre todo el sistema, impresora, transferidor y secadero.
- Luego de iniciar el sistema, mediante un selector de dos posiciones el operario define el formato de papel a trabajar (I.4). Acorde al formato de papel el operario deberá disponer la configuración de topes manualmente adecuada para cada tipo de papel.

12.1 Selector en posición 0. Formato de papel 1, 3 hojas.

- Cuando el sensor de hoja 1 en banda (I.5) detecta la hoja, se debe activar la salida (Q.2) que eleva el tope para esperar la segunda hoja.

- Cuando el sensor de hoja 2 en banda (I.6) detecta la hoja, se debe activar la salida (Q.3) que eleva el tope para esperar la tercera hoja.
- Cuando el sensor de hoja 3 en banda (I.7) detecta la hoja, se debe activar la salida (Q.10) que hace descender la banda de salida de la impresora.
- Cuando los 3 sensores de hojas en banda 1(I.5), 2(I.6), y 3 (I.7) detecten hoja, se debe enviar señal a la salida (Q.6) que sube o baja la banda de salida de la impresora para hacer el cambio de vía.
- Cuando los sensores de hoja en secadero 1(I.9), 2(I.10) y 3 (I.11) detecten hoja, se debe enviar un pulso a la salida (Q.5) que da el paso al secadero.

12.2 Selector en posición 1. Formato de papel 2, 4 hojas.

- Cuando el sensor de hoja 1 en banda (I.5) detecta la hoja, se debe activar la salida (Q.2) que eleva el tope para esperar la segunda hoja.
- Cuando el sensor de hoja 2 en banda (I.6) detecta la hoja, se debe activar la salida (Q.3) que eleva el tope para esperar la tercera hoja.
- Cuando el sensor de hoja 3 en banda (I.7) detecta la hoja, se debe activar la salida (Q.4) que eleva el tope para esperar la cuarta hoja.
- Cuando el sensor de hoja 4 en banda (I.8) detecta la hoja, se debe activar la salida (Q.5) que hace descender la banda de salida de la impresora.
- Cuando los sensores de hoja en secadero 1(I.9), 2(I.10), 3 (I.11) Y 4(I.12) detecten hoja, se debe enviar un pulso a la salida (Q.5) que da el paso al secadero.

12.3 Seguridades y confirmaciones del sistema para ambos formatos de papel

- Si en un tiempo determinado el sensado de la hoja en banda no es secuencial se debe enviar la señal de stop (I.2) a la impresora y mostrar alarma (M.2) por no llegada de papel.
- Cuando todos los sensores de banda de impresora dejen de sentir hoja, luego de un tiempo la banda se eleva para volver a la posición inicial (Q.6).
- Si alguno de los sensores de la entrada al secadero no detectan hoja después de un tiempo y después del primero sensor (I.9), (I.10), (I.11) y (I.12), se debe detener la impresora (Q.7) y mostrar alarma por no llegada de todas las hojas al secadero (M.3).
- Si luego de dar la orden de paso al secadero y contar un tiempo los sensores siguen detectando hoja, se debe detener la impresora y mostrar alarma por no paso de secadero (M.4).

- Se debe mostrar alarma por disparo térmico del motor de la banda (M.5).
- Los topes que reciben las hojas deberán elevarse secuencialmente, estos topes son accionados por cilindros neumáticos que poseen un sensor magnético que confirmara la posición de este (Arriba o abajo); por consiguiente, el tope número 4 (Q.4) no podrá estar arriba si el tope numero 3(Q.3) se encuentra abajo. El tope número 3(Q.3) no podrá estar arriba si el tope numero 2 (Q.2) se encuentra abajo.
- Si no se cumplen las condiciones del numeral anterior, habrá una marca (M.7), que indica alarma por no subida de topes.
- Si por algún fallo la banda de salida de la impresora se queda abajo, debe enviar una señal (M.6), que confirma que la banda está de nuevo arriba. Punto inicial.

13. MANTENIMIENTO DEL SISTEMA ELECTRICO

13.1 Impresora de laca SIA 06

- 1. Realizar candadeo y eliminar energías acumuladas.
- 2. Revisar las terminales, inspeccionar borneras, conexiones apretadas, borneras que no estén fisuradas y que estén limpias
- 3. Revisar que los contactores no estén fisurados, conexiones apretadas, sin polco y sin grasa
- 4. Inspeccionar fusibles, que estén en buen estado, limpios, conexiones apretadas y sin fisuras
- 5. Inspeccionar pulsadores, que no estén fisurados, que estén limpios, conexiones apretadas
- 6. Revisar paros y microswiches, que no estén fisurados, conexiones apretadas, limpias y en buen estado
- 7. Inspeccionar motor, con conexiones apretadas, chequear impedancia a bobinas, que estén limpias y sin fisuras
- 8. Revisar tablero de control, revisar pilotos que estén funcionando, que estén en buen estado, sin fisuras, conexiones apretadas
- 9. Revisar transformadores, que estén en buen estado, sin fisuras y con conexiones apretadas
- 10. Inspeccionar que los variadores estén en buen estado, sin fisuras y con conexiones apretadas

13.2 Secadero vertical PSE

- 1. Inspeccionar conexiones eléctricas, con terminales apretadas, revisar borneras que no estén fisuradas y limpias
- 2. Inspeccionar contactores, que estén en buen estado, sin fisuras, con conexiones apretadas, sin grasa y sin polvo
- 3. Revisar fusibles, que no tengan fisuras, que estén en buen estado, limpios y con conexiones apretadas
- 4. Inspeccionar selectores, que estén en buen estado, con conexiones apretadas y sin fisuras
- 5. Revisar sensor, que este en buen estado, sin fisuras, conexiones apretadas, limpios y con señal
- 6. Inspeccionar motor, con conexiones apretadas, chequear impedancia a bobinas, que estén limpias y sin fisuras
- 7. Inspeccionar pedal, que no tenga fisuras, sin grasa, conexiones apretadas y con cables buenos, sin empalmes
- 8. Revisar transformadores, que estén en buen estado, sin fisuras y con conexiones apretadas

13.2 Transferidor de papel impresora de laca SIA 06

- 1. Inspeccionar tablero de conexiones eléctricas, bien ajustadas y con terminales, revisar borneras que no estén fisuradas y limpias.
- 2. Inspeccionar contactores, que estén en buen estado, sin fisuras, con conexiones apretadas, sin grasa y sin polvo
- 3. Inspeccionar selectores y pulsadores, que estén en buen estado, con conexiones apretadas y sin fisuras
- 4. Inspeccionar motor, con conexiones apretadas, chequear impedancia a bobinas, que estén limpias y sin fisuras.
- 5. Inspeccionar breakers, con conexiones apretadas y sin polvo.
- 6. Inspeccionar transformador 440v a 110v, con conexiones apretadas, con terminales y sin polvo.
- 7. Inspeccionar guarda motores, con conexiones apretadas, con terminales y sin polvo. Verificar que la regulación de la corriente coincida con la del motor.
- 8. Inspeccionar PLC, con conexiones apretadas y sin polvo. Verificar que el cable de comunicaciones este bien ajustado.
- 9. Inspeccionar paro de emergencia, bien ajustado al tablero, con conexiones apretadas, con terminales y sin polvo.
- 10. Inspeccionar los 8 sensores autoreflex de la banda de salida de la impresora y entrada al secadero, cables no cristalizados, sin empalmes, conexiones apretadas y con terminales.

- 11. Inspeccionar las electroválvulas de cilindros neumáticos de la banda de salida de la impresora, cables no cristalizados, sin empalmes, conexiones apretadas y con terminales.

14. RESULTADOS PERSONALES Y PROFESIONALES

Se logró exponer ante la gerencia general de la compañía, los beneficios que tiene el proyecto de automatización; se logró la aprobación, orden de compra, análisis financiero y toda la gestión pertinente para la realización del proyecto. Aunque por motivos de tiempos ante todos los trámites para realizar la ejecución del proyecto, no se alcanzó a realizar la implementación. Se deja toda la documentación requerida, especificaciones y diseño para que la empresa pueda ejecutar la automatización usando personal interno o un contratista.

Además del proyecto realizado, se tuvo la oportunidad de aprender mucho acerca de la filosofía de mantenimiento TPM; donde, se aprendió gran parte del funcionamiento bajo esta filosofía, realizando análisis de averías, realizando cierres de tarjetas, diligenciando la documentación para sustentar en las reuniones de TPM, apoyando la creación y retroalimentación de planes de mantenimiento.

Se consiguió contrastar el aprendizaje teórico adquirido en la universidad con el trabajo práctico en la industria, donde se aplicaron conocimientos adquiridos en los cursos de circuitos, máquinas, control y comunicación industrial; de otro lado, se tuvo la oportunidad de tener un acercamiento a la robótica industrial, donde se realizaron varios montajes, adecuaciones y programación de robots colaborativos.

Se estuvo al tanto de todas las reparaciones, inspecciones, pruebas e instalaciones nuevas realizadas en la empresa, donde se aprendió acerca de la ejecución de pequeñas obras, requerimientos de seguridad y RETIE.

Se aprendió acerca del funcionamiento mecánico de varios componentes indispensables para la realización de cualquier automatización, esta competencia se considera importante debido a que durante el estudio de la ingeniería eléctrica en la universidad no se dio introducción a este tipo de componentes indispensables para las automatizaciones, entendiendo los sistemas mecánicos, neumáticos e hidráulicos como un valor agregado para una formación integral.

15. CONCLUSIONES

Aunque por motivo de tiempos no se pudo realizar la ejecución del proyecto, se dejan las condiciones lógicas para la programación del PLC, cuantificados y especificados los componentes eléctricos requeridos para el sistema, propuesto el sistema mecánico y toda la gestión interna de la empresa para realizar la inversión.

La automatización brinda otros beneficios aparte de reducir costos por mano de obra, aumentar producción y ampliación de la flexibilidad. Uno de los beneficios más significativos mostrados en este trabajo, es la eliminación de enfermedades osteomusculares que se atribuyen a movimientos repetitivos de los operarios, movimientos que pueden ser sustituidos por la automatización.

Para la ejecución de un proyecto en cualquier empresa es muy importante considerar los tiempos que se requieren para la aprobación, los documentos y estudios requeridos como: Diseños, análisis financiero, AMEF, SIPOC. Aunque no se realizó la implementación del proyecto, se dejó el proyecto aprobado y con orden de compra para la ejecución, también se documentaron las condiciones lógicas y los planes de mantenimiento para los equipos.

Para realizar una automatización exitosa es indispensable realizar la integración entre el sistema eléctrico y mecánico, el sistema eléctrico para la sensórica, protección, programación e interfaz, y el sistema mecánico que será el que al final actuará para cumplir el objetivo.

El mantenimiento no es exacto, no siempre se es capaz de determinar el tiempo óptimo de reemplazo basado en la vida útil de los componentes; por ende, se requiere inspeccionar dichos componentes periódicamente para estar al tanto de su estado. La periodicidad de las revisiones tampoco es exacta, el mejor método para determinar la periodicidad es la "experiencia", se puede hacer de varias formas, pero una buena es realizar una trazabilidad de los fallos, cambio de componentes y considerando la criticidad de la máquina.

16. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] M. García Gómez and R. Castañeda López, "Enfermedades profesionales declaradas en hombres y mujeres en España en 2004", *Revista Española de Salud Pública*, vol. 80, no. 4, pp. 2 - 6, 2006. Available: 10.1590/s1135-57272006000400006.
- [2] P. Ponsa and A. Granollers, *Diseño y Automatización Industrial*. Cataluña: Universidad Politécnica de Cataluña, 2009, pp. 2 - 3.

- [3] W. Crespo, "Historia de la Automatización Industrial", *automatizacionindustrial*, 2011. [Online]. Available: https://automatizacionindustrial.wordpress.com/2011/02/17/historia-de-la-automatizacion-industrial/?fbclid=IwAR2ZUJSEc_3aWrs1SS760lwIDbrWrfbXRBCXtJDhSue8APiDD-aUX1TzIqQ. [Accessed: 05- Jul- 2019].
- [4] L. Erm n orona amírez, Abarca im nez and ares arreño, *Sensores y actuadores* xico: Larousse - Grupo Editorial Patria, 2014, pp. 2 - 17 - 18.
- [5] E. Mandado, J. Acevedo, S. Fernández and J. Quiroga, *ut matas programa es sistemas de automati aci n*. Barcelona: Marcombo, 2011, pp. 3 - 4.
- [6] R. Tocci, N. Widmer and G. Moss, *Sistemas digitales*. Naucalpan de u rez: earson Educación, 2017, pp. 3 - 7.

Anexos

1. Planos eléctricos de la impresora SIA 06
2. Planos eléctricos del secadero vertical

