

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y  
AUTOMATISMO**

**TEMA:**

**Análisis y propuesta de un sistema de control semiautomático para la máquina  
micro-corrugadora de la empresa GRUPASA S.A**

**AUTOR:**

Moreno Jaramillo, Germán Daniel

Trabajo de Titulación previo a la obtención del título de  
**INGENIERO ELECTRÓNICO EN CONTROL Y AUTOMATISMO**

**TUTOR:**

Philco Asqui, Luis Orlando

Guayaquil, Ecuador

14 de Septiembre del 2017



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**  
**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO**  
**CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y**  
**AUTOMATISMO**

**CERTIFICACIÓN**

Certificamos que el presente trabajo de titulación, fue realizado en su totalidad por el **Sr. Germán Daniel Moreno Jaramillo** como requerimiento para la obtención del Título de **INGENIERO ELECTRÓNICO EN CONTROL Y AUTOMATISMO**.

**TUTOR**

f. \_\_\_\_\_  
Philco Asqui, Luis Orlando

**DIRECTOR DE LA CARRERA**

f. \_\_\_\_\_  
Heras Sánchez, Miguel Armando

Guayaquil, a los 14 del mes de septiembre del año 2017



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**  
**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO**  
**CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y**  
**AUTOMATISMO**

**DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

**Yo, Moreno Jaramillo, Germán Daniel**

**DECLARO QUE:**

El Trabajo de Titulación, **“Análisis y propuesta de un sistema de control semiautomático para la máquina micro-corrugadora de la empresa GRUPASA S.A”** previo a la obtención del Título de **Ingeniero Electrónico en Control y Automatismo**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, a los 14 del mes de septiembre del año 2017

**EL AUTOR**

f. \_\_\_\_\_

**MORENO JARAMILLO, GERMÁN DANIEL**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y  
AUTOMATISMO**

**AUTORIZACIÓN**

**Yo, Moreno Jaramillo, Germán Daniel**

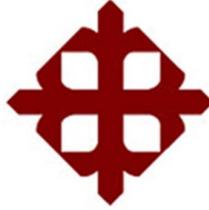
Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la publicación en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación, **“Análisis y propuesta de un sistema de control semiautomático para la maquina micro-corrugadora de la empresa GRUPASA S.A”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 14 del mes de septiembre del año 2017

EL AUTOR:

f. \_\_\_\_\_

**MORENO JARAMILLO, GERMÁN DANIEL**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y  
AUTOMATISMO

**TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

f. \_\_\_\_\_

**ING. MIGUEL ARMANDO HERAS SÁNCHEZ, M. Sc**  
DIRECTOR DE CARRERA

f. \_\_\_\_\_

**ING. EDWIN FERNANDO PALACIOS MELÉNDEZ, M. Sc**  
COORDINADOR DE ÁREA

f. \_\_\_\_\_

**ING. CARLOS BOLÍVAR ROMERO ROSERO**  
OPONENTE

# REPORTE URKUND

**URKUND**

Documento: [TT-GERMAN\(MORENO\).docx](#) (D30216962)

Presentado: 2017-09-22 16:34 (-05:00)

Presentado por: orlandophilco\_7@hotmail.com

Recibido: orlando.philco.ucsg@analysis.orkund.com

Mensaje: GERMAN MORENO [Mostrar el mensaje completo](#)

2% de estas 24 páginas, se componen de texto presente en 6 fuentes.

Lista de fuentes Bloques

Categoría	Enlace/nombre de archivo	
	<a href="#">Tesis.pdf</a>	<input type="checkbox"/>
	<a href="http://www.aia.ci/files/linea/comite/ca/abc/actualizaciones.pdf">http://www.aia.ci/files/linea/comite/ca/abc/actualizaciones.pdf</a>	<input checked="" type="checkbox"/>
	<a href="#">BORRADOR.docx</a>	<input checked="" type="checkbox"/>
	<a href="http://www.cronicaelcorrujado.com/256/automatizacion-corrugado/">http://www.cronicaelcorrujado.com/256/automatizacion-corrugado/</a>	<input checked="" type="checkbox"/>
	<a href="http://198.90.80.55/tesis/000145273.pdf">http://198.90.80.55/tesis/000145273.pdf</a>	<input checked="" type="checkbox"/>

ANEXOS

ANEXO A - DIAGRAMA DE CONTROL Y FUERZA EN LA UNIDAD DE LOS BRAZOS ELEVADORES

ANEXO B - HOJA DE DATOS DEL PLC

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, MORENO JARAMILLO, GERMAN DANIEL con C.C. # 0931339188 autor del trabajo de titulación: ANÁLISIS Y PROPUESTA DE UN SISTEMA DE CONTROL SEMIAUTOMÁTICO PARA LA MÁQUINA MICRO-CORRUGADORA DE LA EMPRESA GRUPASA S.A. previo a la obtención del título de INGENIERO ELECTRÓNICO EN CONTROL Y AUTOMATISMO en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, (día) de (mes) de (año)

## AGRADECIMIENTO

*En primer lugar, quiero agradecer a Dios por permitirme culminar mi carrera universitaria sin ningún problema.*

*A mis padres Germán Moreno Pardo y María Judith Jaramillo por ser mi ejemplo a seguir y por proveerme la oportunidad de estudiar mi carrera universitaria, además de inculcarme principios que me ayudan a ser mejor persona cada día.*

*A mis hermanos por brindarme su amistad por ser parte fundamental de mi vida y por ser como son y espero que nunca cambien.*

*Y por último quiero agradecer al Sr. José Jaramillo presidente de la empresa GRUPASA S.A por haberme permitido realizar mis pasantías pre-profesionales y por dejarme realizar mi trabajo de titulación en su prestigiosa compañía.*

*Germán Moreno Jaramillo*

## **DEDICATORIA**

*Le dedico este trabajo de titulación a todos los miembros de mi familia por siempre brindarme apoyo en todo momento y por estar conmigo siempre en los momentos que más los necesite.*

*Germán Moreno Jaramillo*

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS.....	XII
ÍNDICE DE TABLAS .....	XIV
RESUMEN.....	XV
INTRODUCCIÓN .....	XVII
CAPÍTULO I - ASPECTOS GENERALES .....	2
1.1. Antecedentes.....	2
1.2. Definición del problema. ....	3
1.3. Justificación del problema. ....	3
1.4. Delimitación del problema.....	3
1.5. Objetivos del problema de investigación.....	4
1.5.1. Objetivo General.....	4
1.5.2. Objetivos Específicos.....	4
1.6. Hipótesis.....	4
1.7. Tipo de investigación y metodología de la investigación.....	5
CAPÍTULO II - MARCO TEÓRICO.....	6
2.1. Estado del arte.....	6
2.2. Materia prima del cartón.....	9
2.2.1. El árbol .....	9
2.2.2. La celulosa.....	10
2.2.3. El papel.....	11
2.3. Cartón corrugado.....	12

2.3.1. Papel Liner.....	13
2.3.2. Papel médium .....	13
2.3.3. Perfil de la onda del papel .....	13
2.3.4. Cartón micro-corrugado .....	14
2.3.5. Tensión .....	15
2.3.6. Adhesivo.....	15
2.3.7. Temperatura.....	16
2.3.8. Humedad.....	16
2.4. Sistemas de automatización .....	16
2.4.1. Autómata programable PLC .....	17
2.4.2. Sensores.....	17
2.4.3. Actuadores .....	17
2.4.4. Simbología componentes eléctricos.....	18
2.4.5. Sistemas semiautomáticos .....	19
2.5. Software de programación .....	19
2.5.1. TIA PORTAL .....	20
2.5.2. S7-PLCSIM .....	20
<b>CAPÍTULO III - OPERACIÓN DE LA MAQUINA Y UNIDADES QUE LA</b>	
<b>CONFORMAN.....</b>	<b>21</b>
3.1. Descripción del proceso.....	21
3.2. Maquina Micro-corrugadora .....	22
3.2.1. Montarollos o elevadores de bobinas .....	22

3.2.2. Unidad del single facer.....	25
3.3. Unidad de corte .....	26
CAPÍTULO IV - PROPUESTA SEMIAUTOMÁTICA EN LA MAQUINA	
MICRO-CORRUGADORA.....	27
4.1. Recolección de datos. ....	27
4.2. Condiciones preliminares .....	29
4.3. Diagramas de flujo .....	30
4.4. Selección de la instrumentación.....	32
4.4.1. Sensor de proximidad.....	33
4.4.2. Sensor óptico .....	34
4.5. Selección del PLC .....	35
4.6. Criterios de instalación .....	36
4.6.1. Esquema general del PLC .....	37
4.7. Programación del PLC.....	38
4.8. Simulación de las variables del PLC. ....	42
4.9. Costo e inversión de la propuesta.....	47
4.10. Reducción de tiempos muertos .....	48
CAPÍTULO V - Conclusiones y recomendaciones.....	
5.1. Conclusiones .....	50
5.2. Recomendaciones.....	51
BIBLIOGRAFÍA .....	53

## ÍNDICE DE FIGURAS

### CAPÍTULO II

Figura 2. 1 Bosques de pino y eucalipto .....	10
Figura 2. 2. Celulosa cruda Kraft .....	11
Figura 2. 3 Bobinas de papel .....	12
Figura 2. 4 Estructura del cartón corrugado.....	13
Figura 2. 5 Características de la onda del papel .....	14
Figura 2. 6. lámina de cartón micro-corrugada .....	15
Figura 2. 7. Estructura de un diseño automatizado.....	17
Figura 2. 8 Motor eléctrico.....	18
Figura 2. 9 Simbología de los componentes eléctricos de los brazos elevadores .....	19
Figura 2. 10 Entorno virtual TIA Portal.....	20
Figura 2. 11 Entorno del S7-PLCSIM .....	20

### CAPÍTULO III

Figura 3. 1 Esquema general de una micro-corrugadora .....	22
Figura 3. 2 Unidad de brazos elevadores .....	23
Figura 3. 3. Tablero de control de los brazos elevadores.....	24
Figura 3. 4 Unidad single facer .....	25
Figura 3. 5. Tablero de control unidad single facer.....	25
Figura 3. 6 Unidad de corte .....	26

## **CAPÍTULO IV**

Figura 4. 1. Diagrama de flujo del proceso actual.....	30
Figura 4. 2 Diagrama de flujo propuesto .....	32
Figura 4. 3. Sensor de proximidad SIMATIC .....	33
Figura 4. 4 Sensor óptico .....	34
Figura 4. 5. PLC s7-300 .....	35
Figura 4. 6. esquema de instalación de los equipos.....	36
Figura 4. 7. Esquema general del PLC .....	37
Figura 4. 8. Primer segmento de la programación alimentación del proceso .....	40
Figura 4. 9 Segmento de la apertura de los brazos .....	40
Figura 4. 10 Segmento de Bajar los brazos.....	41
Figura 4. 11 Segmento de cerrar los brazos .....	41
Figura 4. 12. Segmento de subir los brazos .....	41
Figura 4. 13 Segmento del motor axial.....	42
Figura 4. 14 programa S7-PLCSIM.....	42
Figura 4. 15 Tabla virtual de entradas .....	43
Figura 4. 16 Simulación pulsador de inicio .....	43
Figura 4. 17 Simulación sensor de bobina .....	44
Figura 4. 18 Simulación de los sensores horizontales .....	44
Figura 4. 19 Simulación del sensor mínimo vertical .....	45
Figura 4. 20. Simulación de los sensores ópticos.....	45
Figura 4. 21 Simulación del sensor máximo vertical .....	46
Figura 4. 22. Simulación sensor de alineación.....	46

## ÍNDICE DE TABLAS

### CAPÍTULO II

Tabla 2. 1. Pulpas y sus características .....	11
Tabla 2. 2 Características de la ondas de papel .....	14
Tabla 2. 3 Temperaturas ideales en la producción de cartón micro-corrugado .....	16

### CAPÍTULO IV

Tabla 4. 1. Registro de paradas maquina micro-corrugadora mes febrero .....	28
Tabla 4. 2. Registro de paradas en la maquina micro-corrugadora mes Marzo .....	29
Tabla 4. 3. Características del sensor de proximidad .....	33
Tabla 4. 4 características del sensor óptico .....	34
Tabla 4. 5 Entradas del PLC .....	38
Tabla 4. 6. Salidas del PLC .....	39
Tabla 4. 7 Costos de materiales propuestos .....	47

## **RESUMEN**

El presente trabajo de titulación hace referencia sobre el análisis y propuesta de un control semiautomático en la maquina micro-corrugadora de papel de la empresa GRUPASA S.A (Grupo papelesa), localizada en la ciudad de Guayaquil Km 11.5 vía Daule, parque industrial "El Sauce". Para la elaboración de este proyecto se analizó las tres unidades principales de la máquina que está conformada por: los brazos elevadores de bobinas, unidad single facer y la unidad de corte; Donde se levantó información, recolecto datos e investigando de los equipos que conforman el proceso de cartón micro-corrugado. Donde se propone optimizar y controlar el proceso de montaje y alineación de los rollos o bobinas de papel en la unidad de los brazos elevadores, a través de sensores, controlador lógico programable PLC y actuadores, se elaboró la programación y simulación donde se puede verificar el comportamiento de las salidas con sus respectivas entradas del proceso propuesto, utilizando como base la estructura mecánica ya existente en la máquina. Esta propuesta cumple con los estándares de fabricación, pretende reducir los tiempos muertos de producción, se concluye que la implementación debe realizarse lo antes posible y quedan sujetas para futuras mejoras en la línea de producción de cartón micro-corrugado de la empresa.

**Palabras claves:** MÁQUINA MICRO-CORRUGADORA, BRAZOS ELEVADORES, SINGLE FACER, SISTEMA DE CONTROL, SENSORES, PLC, ACTUADORES

## **ABSTRACT**

the present project refers to the analysis and proposal of a semiautomatic control in the micro-corrugating machine of paper of the company Grupasa S.A (group Papelesa), located in the city of Guayaquil Km 11.5 via Daule, Parque Industrial "El Sauce". For the elaboration of this project, the three main units of the machine which is formed by: The Coil lift arms, single Facer unit and the cutting unit were analyzed; Where information was raised, collect data and investigating the equipment that make up the process of micro-corrugated cardboard. Where it is proposed to optimize and control the process of assembly and alignment of paper rolls or coils in the lift arms unit, through sensors, PLC programmable logic Controller and actuators, programming and simulation were developed where you can Check the behaviour of the outputs with their respective inputs of the proposed process, using as a basis the mechanical structure already existing in the machine. This proposal complies with manufacturing standards, aims to reduce production downtime, it is concluded that the implementation must be done as soon as possible and are subject to further improvements in the production line of micro-corrugated cardboard in the company.

**Keywords:** MICRO-CORRUGATING, LIFTING ARMS, SINGLE FACER, CONTROL SYSTEM, SENSORS, CONTROLLER LOGIC PROGRAMMABLE PLC, ACTUATORS.

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad los sistemas de automatización son indispensables en el ámbito industrial, a nivel mundial las empresas se encuentran en busca de perfeccionar los procesos industriales, por ello la mayoría opta de esta tecnología a fin de disminuir costos de producción y mejorar la calidad de producto final. Así mismo buscan que la intervención del ser humano en el proceso sea el mínimo, en caso de que ocurran manipulaciones del operario en el proceso se denominan sistemas semiautomáticos, de acuerdo a (Roman, 2010) los PACs, PLCs y computadoras son los controladores más comunes de estos sistemas automatizados. Los sensores se encargan de obtener las señales y enviarle al controlador. En el caso de los actuadores reciben las órdenes del controlador para realizar el trabajo respectivo, los equipos más comunes son los motores, válvulas y bombas.

En los países en vías de desarrollo los equipos de automatización industrial se han incorporado paulatinamente, esto se da por la falta de información y costos elevados de estos productos que llegan a retrasar las actualizaciones de las máquinas industriales. En la industria cartonera de Latinoamérica se ha vuelto común la intervención de los operadores en los procesos del cartón corrugado, como indica (Torres, 2005) parece ser que el retraso en la automatización del proceso es debido a la desorganización y las raíces de la industria en la que se ha fundado, así mismo que si existen algunas maneras para mejorar y controlar el proceso de producción y es atacando las siguientes características del proceso: temperatura, humedad, características de la cola, tensión en las bandas del papel y correcto alineamiento de las bobinas.

La empresa GRUPASA S.A localizada en la ciudad de Guayaquil Km 11.5 vía Daule, parque industrial "El Sauce", lleva trabajando más de 12 años en la industria cartonera, siendo una de las mayores del país, cuenta con una corrugadora para la producción de cartón corrugado tipo flauta B y flauta C, posee seis imprentas flexográficas para el diseño y troquelado del cartón, además una maquina micro-corrugadora para la elaboración cartón micro-corrugado tipo flauta E, en esta última máquina es donde va enfocado la propuesta de control semiautomático.

Este trabajo de titulación tiene como objetivo analizar los diferentes equipos y dispositivos que permiten mejorar el proceso de cartón micro-corrugado; y una propuesta de control semiautomático en los elevadores de bobinas que permiten localizar, manipular y alinear las bobinas de papel para posteriormente empezar el proceso de enhebrado. Es vital que el proceso sea controlado para lograr reducir pérdidas de materiales y productividad de la máquina, la metodología planteada en el trabajo fue de carácter bibliográfica debido a que se recolectó la mayor cantidad de información de los equipos de automatización involucrados en los procesos de cartón que sean funcionales y rentables.

Se estima que este documento sea de otros análisis para mejorar el proceso de cartón corrugado y micro-corrugado a futuro, y que la propuesta semiautomática sea tomada en cuenta para una pronta implementación en la máquina, sin más que agregar se invita a leer detalladamente los siguientes capítulos del trabajo de titulación.

## **CAPÍTULO I - ASPECTOS GENERALES**

### **1.1. Antecedentes.**

En el año 2004 la empresa realiza la compra de una corrugadora semiautomática donde se logra evidenciar la capacidad de esta tecnología, luego se adquiere una cortadora-hendedora robotizada adaptándola a la maquina dando mayor eficiencia de producción, En el año 2011 hace una segunda compra importante, adquiriendo una imprenta flexográfica automatizada, he aquí la primera máquina totalmente automática de la empresa.

Unos detalles importantes sobre la corrugadora semi-automática, se han implementado mejoras que han permitido reducir costos de producción, en primer lugar se instaló un sistema de control de temperatura en la salida de vapor de la flauta B, mediante una válvula proporcional la cual entrega la cantidad de vapor adecuada de acuerdo a la velocidad de la máquina, logrando reducir perdida de material. También han logrado implementar un sistema de control en los elevadores de bobinas en la flauta B reduciendo los tiempos muertos y mejorando control de alineaciones de los papeles.

En la implementación de la cortadora-hendedora en la línea de producción fue un cambio totalmente novedoso, donde anteriormente los operarios se encargaban de colocar las cuchillas de tal forma sea el diseño y tipo de cartón, teniendo un tiempo promedio de 20 minutos por cambio de pedido, en el cual el robot automatizado lo logra en 30 segundos, dejando un gran impacto acerca de la capacidad de los equipos de automatización.

En el año 2011 la empresa adquiere una imprenta flexografica marca MARTIN de origen francesa, es la primera línea de producción donde la intervención de los operarios es mínima, solamente se encuentran para verificar el producto final y medir que las dimensiones sean las correctas, es la máquina que menos problemas presenta y donde los mantenimientos son de menor tiempo.

En lo relatado anteriormente se menciona sobre algunas mejoras o compras que ha realizado la empresa en el contexto de la automatización industrial, lo que representa una continuidad de mejora de procesos en el cartón siendo una necesidad la actualización constante de las diferentes líneas de producción.

## **1.2. Definición del problema.**

En la máquina micro-corrugadora de la empresa GRUPASA S.A, no existen un control en el montaje y alineación de las bobinas de papel en los brazos elevadores originando paradas que aumentan los tiempos muertos de producción; además de la falta de información de los equipos mecánicos y eléctricos que intervienen en esta máquina, que retrasa las diferentes actualizaciones de la línea de producción de cartón micro-corrugado.

## **1.3. Justificación del problema.**

Se ha demostrado que las implementaciones de estos sistemas de automatización en otras máquinas de la empresa han generado altos rendimientos de producción, es por ello que la elaboración de este trabajo será de gran acogida por parte de los inversionistas de la empresa. Además de que en la actualidad se ha vuelto común las fallas operativas en la maquina por falta de sensores que ayuden a evitar estas colisiones de los brazos elevadores de bobinas y daños en la materia prima, este documento busca aportar detalles de la operación de la máquina así mismo diagramas, esquemas y programaciones.

El proceso de montaje y alineación de las bobinas de papel es totalmente manual en la actualidad, sin embargo, este proceso puede ser totalmente controlado ya que es un proceso secuencial y cumple con todos los requerimientos para la implementación de un sistema de control teniendo ya instaladas los equipos eléctricos y mecánicos que permiten ahorrar precios para la elaboración de esta propuesta.

## **1.4. Delimitación del problema.**

Este proyecto de investigación fue realizado en la ciudad de Guayaquil, km 11.5 vía Daule, en la empresa GRUPASA S.A, donde los datos fueron recolectados desde el mes de febrero al mes de abril del año 2017; la propuesta constara de diez sensores de proximidad y cuatro sensores foto-reflexivos que enviaran señal on-off para simular los estados de los mismos, todo esto fue programado y simulado en TIA portal y s7-PLCSIM para verificar el comportamiento de las salidas que serán los motores respectivamente de los brazos elevadores.

## **1.5. Objetivos del problema de investigación.**

### **1.5.1. Objetivo General.**

Analizar un sistema semiautomático de control mediante el uso del PLC, sensores y actuadores, que permitan adquirir datos del proceso de las diferentes variables que interviene en la máquina micro-corrugadora de la empresa GRUPASA de la ciudad de Guayaquil.

### **1.5.2. Objetivos Específicos.**

- Caracterizar la operación de la máquina y de cada una de las unidades que la conforman, que brinde información para futuros proyectos de automatización en la línea de producción de cartón micro-corrugado.
- Proponer un sistema de control semiautomático en los brazos elevadores de bobinas que permita controlar el montaje y alineación del papel.
- Elaborar un cálculo para visualizar los tiempos muertos de producción.

## **1.6. Hipótesis.**

La hipótesis inicial planteada es que con la implementación del sistema de control del montaje y alineación de las bobinas de papel en la máquina micro-corrugadora de la empresa GRUPASA S.A será capaz de garantizar que los tiempos muertos de producción disminuyan. Adicionalmente la presente investigación será de gran aporte para futuros proyectos de control y automatización del proceso de cartón micro-corrugado.

### **1.7. Tipo de investigación y metodología de la investigación.**

Para la elaboración del presente trabajo de titulación se empleó el método de inducción científica, debido a que se hizo un análisis de la máquina micro-corrugadora y un estudio técnico de los equipos propuestos en los brazos elevadores con el fin de entenderlos y poder apoyarnos luego en la simulación el cual me servirá de sustento para acreditar o desacreditar la hipótesis planteada en base a la problemática que se pretende solventar.

## CAPÍTULO II - MARCO TEÓRICO

En este capítulo se detallará todos los fundamentos teóricos que justifiquen la elaboración del trabajo de titulación. En el estado del arte se recopilará información que se relacione con los sistemas de automatización en las industrias y con gran enfoque en el mundo del cartón.

### **2.1. Estado del arte.**

En la elaboración del cartón es fundamental conocer las propiedades del papel, como las variables: temperatura, tensión o alineación, humedad y características de la cola para poder transformarlo en cartón, es por ello que en la maquina se debe lograr controlar con exactitud dichas variables para evitar daños y perdida de material. En este proceso actúan sistemas mecánicos, eléctricos, neumáticos y en algunos casos hidráulicos.

Acerca del trabajo: “Automatización Industrial en Áreas de Aplicación para Ingeniería.” Se relata que la aplicación de la ingeniería que promueve la investigación aplicada en la automatización industrial ya que esta disciplina con lleva a diversos campos de trabajo. La era industrial en el presente en conjunto con la automatización es una herramienta indispensable para competir en un mercado globalizado. (Ruedas, 2008)

Dentro de la publicación: “Automatización de una Planta Industrial”, La automatización siempre tiene que relacionarse con la producción debido a que un correcto análisis de equipamiento en costos y volumen de producción llevan a competir en un sector globalizado por la gran demanda de mercado en el sector cartonero entrando a la competencia industrial automatizada o semi-automatizada. De acuerdo a (Lorenzo, 2009) llevar un buen estudio con lleva a una excelencia de trabajo en todos los aspectos industriales como: desperdicios, mano de obra, volumen de producción y reducción de costos. También se describe sobre los controladores, sensores y actuadores que son comunes en los sistemas de automatización industriales genéricos.

Según (Cazárez Ricardo; Benitez Sergio & Díaz Valente , 2009) su proyecto logro cumplir sus objetivos además alcanzaron aumentar la productividad, perdidas de tiempos muertos, mejora de calidad del producto y aumentar seguridad en el proceso. Todo esto en base a la actualización de la máquina trenzadora de cable, donde ocurrían fallas operativas que pudieron controlar con los sistemas de automatización industriales.

Dentro de la publicación: “Automatización y puesta en marcha de maquina inyectora Reed 100 en plásticos Ecuatorianos S.A”, En este documento se relata la importancia de los sistemas de automatización, se utilizó un microcontrolador, PLC, pantalla HMI, sensores y actuadores. Donde fueron instalados en la máquina inyectora y lograron en unión con el equipo de mecánicos obtener mejores resultados, Se logró reducir consumo eléctrico y disminuir desperdicios de la maquina donde queda evidencia la importancia de implementarlos en partes donde se evidencie que se elevan los costos de operación de la máquina.

La Asociación de corrugadores del caribe, centro américa y sur américa (2007) explica que la estructura del cartón se divide principalmente en tres tipos: simple cara (Single face) que está conformada por una hoja lisa conocida como (Liner) y una ondulada conocida como (médium) que se encuentran unidos entre sí con cola. doble cara consiste en añadirle una segunda cara al anterior y es conocido también como pared sencilla (simple Wall). Si a la pared sencilla se le añade otro modulo se lo conoce como doble pared. Y así mismo si a la doble pared se le agrega otro modulo resulta un triple corrugado. En el micro-corrugado se trabaja con la simple cara por lo cual se encuentra conformada por un liner y un médium. Es vital en el proceso de cartón micro-corrugado la temperatura, alineación y humedad.

Básicamente la característica de cada cartón corrugado radica en la flauta y en cuantos papeles la van a conformar, por lo general la doble pared son utilizadas para la industria bananera, la pared sencilla en utilizada en cajas comunes, y la cara sencilla es muy útil para la industria de las flores.

Dentro de la publicación: “Automatización en líneas del corrugado”, En el documento se relata que en la industria del cartón parece que la automatización llega

más tarde con respecto a las demás industrias debido a que los retrasos en el desarrollo parecen tener raíces en la forma desorganizada en que se ha fundado y desenvuelto la industria cartonera corrugada, en el principio de la industria se dependía mucho de los operarios de la maquina ya que es inaceptable depender de esto método. Sin embargo, hoy en día ya hay industrias donde se han automatizado y han demostrado la eficiencia de llevar esta tecnología, obteniendo excelentes resultados en el proceso de corrugar, ya que involucra cinco parámetros: temperatura, Humedad, Características de la cola, Velocidad y Tensión en las bandas de papel. (Torres, 2005)

En el proyecto titulado “ Sistema semiautomático de control para procesos de corrugado en fabricación de cartón”, se demostró el beneficio de controlar las variables que intervienen en el proceso, luego de la implementación de un control Short-press y arroje del papel donde evidenciaron que la reducción de perdida de material disminuyo respecto a los años anteriores. Así mismo destacan los autores que al utilizar ya algunos sensores e implementando y programando un control automático PLC, se logran procesos más precisos, que permiten alcanzar estándares de fabricación, además de que se puede reducir los tiempos muertos por paros de mantenimiento y reparaciones. (Chacón, Alfredo; Ramos, Alberto & Ruiz, Alexander, 2012)

Granollers & Ponsa (2009), en su trabajo relatan sobre cómo poner en marcha un proyecto de automatización que requieren de la colaboración entre los diversos departamentos de una industria (gestión, logística, automatización, distribución, etc.). En otras palabras, para llevar a cabo un proyecto de automatización industrial se debe llevar la siguiente metodología:

- Recolección de datos
- Diagrama de flujo
- Selección de materiales
- Programación y simulación
- Pruebas
- Implementación

## **2.2. Materia prima del cartón**

Para empezar en los fundamentos teóricos que involucran el cartón sin duda alguna se debe empezar con la siguiente cronología: en primer lugar, el árbol de donde proviene el papel, que se obtiene sacando la celulosa, en segundo lugar, la celulosa que pasa por procesos químicos para obtener el papel deseado y por último los diferentes tipos de cartón.

### **2.2.1. El árbol**

Como todo ser vivo el árbol requiere su habitat donde pueda crecer y mantenerse adecuadamente, así como también la calidad del suelo, hoy en día existen los bosques nativos y los artificiales.

Los bosques nativos son aquellos que no fueron plantados por el hombre y también se los conoce como naturales o espontáneos, estos crecen donde el clima es favorable para su desarrollo y reproducción, donde esta habitat debe poseer ciertas características tales como: humedad, calidad del suelo, rigidez, etc. (Veintimilla, Stalyn & Mármol, Marlon, 2005)

Los bosques artificiales son aquellos que fueron plantados por el hombre y busca que los bosques nativos no sean deteriorados, crea que sea una fuente de recurso explotable y renovable. Esta práctica se la conoce como selvicultura que es la encargada de elaborar un estudio que permite seleccionar las mejores especies y que sean fácilmente reproducibles. (Veintimilla, Stalyn & Mármol, Marlon, 2005)

En la industria del cartón es fundamental conocer de que árbol se saca el papel debido a que cada especie posee sus fibras de madera largas y cortas que permiten reconocer si son adecuadas o no en el mundo del cartón, entre las especies más utilizadas son: el pino y el eucalipto, en Latinoamérica se puede conseguir los bosques de pino radiata y eucalipto, así mismo son demandados por la industria cartonera debido a las excelentes características que presentan en sus fibras, por lo general los mayores exportadores de papel son de origen europeos por sus certificaciones y su convivencia con el medio ambiente, dando confianza y unas de las prioridades de GRUPASA S.A de ser amigables con la naturaleza.

El pino radiata (*Pinus radiata* D. Don) es un pino serótino de origen de la costa pacífica Norte-americana. Este tipo de especie se encuentra sometida a un clima templado-húmedo de influencia oceánica. El eucalipto pertenece a las familias de los robles y coigües, esta especie tiene como característica principal la madera dura y que sus fibras sean cortas siendo útil para la producción de celulosa para papeles finos, muebles de hogar y utilizada en la industria farmacéutica para infusiones, jarabes y confiterías. ( ver figura 2.1)



Figura 2. 1 Bosques de pino y eucalipto  
fuente: (Veintimilla, Stalyn & Mármol, Marlon, 2005)

### **2.2.2. La celulosa**

La celulosa es una fibra vegetal que proviene de un 90% de la madera y un 10% de otras plantas, para obtener la celulosa se requiere llevar un proceso de separación de componentes que conforman la madera, tales como: hemicelulosa, moléculas de glucosa y lignina (Veintimilla, Stalyn & Mármol, Marlon, 2005).

De acuerdo al proceso de obtención de la celulosa se puede clasificar en la celulosa mecánica o celulosa química, el proceso empieza cuando se ingresa la madera es triturada y molida, hasta conseguir la pulpa para posteriormente ser procesada por altas presiones y a través de adición de oxígeno. Es importante el tipo de madera del cual será sacado la celulosa en el caso del pino y eucalipto son muy utilizados en la industria cartonera por sus características ya relatadas anteriormente.

En la figura 2.2 se puede observar la celulosa de pulpa de Kraft, esta es muy utilizada en la elaboración del papel para cartón micro-corrugado.



Figura 2. 2. Celulosa cruda Kraft  
fuente: (Veintimilla, Stalyn & Mármol, Marlon, 2005)

Los tipos de celulosa más comunes utilizadas en la industria de cartón, se puede observar en la siguiente tabla 2.1:

Tabla 2. 1. Pulpas y sus características

<b>Pulpas comunes</b>	<b>Características</b>
Pulpa celulosa mecánica deshidratada:	Se obtiene de la madera molida refinada además de un proceso de deshidratación.
Pulpa celulosa Kraft blanqueada deshidratada:	Se obtiene de la pulpa tipo Kraft es refinada, blanqueada y deshidratada.
Pulpa celulosa Kraft cruda deshidratada:	Posee altos niveles de lignina y se obtiene de la pulpa Kraft y deshidratada
Pulpa Fluff:	Se obtiene del proceso de la combinación mecánica/química, generalmente blanqueada.

Fuente:(autor, 2017)

### 2.2.3. El papel

El papel tiene como origen de la formación entrelazadas de una red de fibras celulosas, que se conforman por un papel resistente y flexible. Primeramente, dependiendo del papel y calidad se escoge el tipo de fibra a utilizar, las que pueden ser: virgen, recicladas y la combinación de ambas. Posteriormente se le deposita en proporciones definidas un pulper con agua, formando una pasta acuosa resistente,

donde se ponen en telas móviles en donde se cruza las fibras y se saca el agua, hasta obtener una película de papel. (Veintimilla, Stalyn & Mármol, Marlon, 2005).

Las bobinas de papel como se muestra en la figura 2.3 son parecidas a las de papel higiénico aumentadas unas 150 veces más, en donde la longitud es el largo del papel desenrollado y el ancho es la distancia entre los planos paralelos que determinan el cilindro.



Figura 2. 3 Bobinas de papel  
fuente: El autor

### **2.3. Cartón corrugado**

El cartón corrugado está conformado por un nervio central de papel ondulado conocido también como “médium” (ver figura 2.4), adherido a dos capas de papel conocido como “liner” mediante un adhesivo de las crestas de la onda. Por lo general es un material de peso ligero, la unión de las tres láminas donde se puede conocer su resistencia del trabajo en conjunto de los papeles. Para obtener la mayor resistencia del cartón corrugado se debe trabajar en forma vertical. (García, Jose; Quintanilla, Nelson; Gorostiaga, Jesus & Moreno, Rodrigo, 2011).

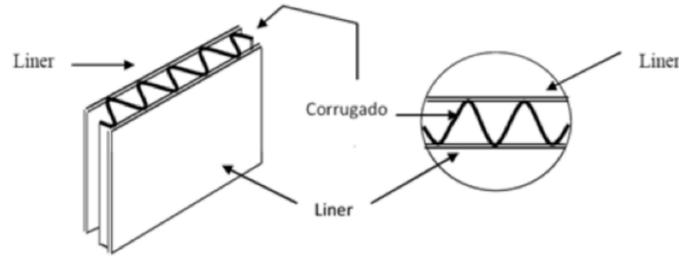


Figura 2. 4 Estructura del cartón corrugado  
fuente: (García, Jose; Quintanilla, Nelson; Gorostiaga, Jesus & Moreno, Rodrigo, 2011)

### 2.3.1. Papel Liner

Este tipo de papel es utilizado como el elemento que protege al médium y en el cual va adherido al mismo, es por ello que es fundamental verificar su contenido de humedad ya que una excesiva cantidad puede pandearse o no lograr una adhesión correcta con el papel médium, así mismo si el contenido no es suficiente también puede presentar problemas de pandeo. El papel liner es en otras palabras el que va cubrir la caja y dará la primera imagen al cliente por lo general el papel usado es de fibras cortas y celulosa virgen es decir no reciclable. (García, Jose; Quintanilla, Nelson; Gorostiaga, Jesus & Moreno, Rodrigo, 2011)

### 2.3.2. Papel médium

El papel médium es utilizado para formar la onda que va adherida al papel liner, este papel tiene dos funciones vitales, primero se debe encargarse de proteger al papel liner y brindar fuerza del aplastamiento vertical y segundo proteger el calibre del cartón en la compresión horizontal. Para la formación de la onda el papel pasa por unos rodillos corrugadores que le dan forma a la lámina, para que el papel logre formar las ondas adecuadas deben tener la temperatura correcta esto es debido a que velocidades variables no presentes deformaciones.

### 2.3.3. Perfil de la onda del papel

En teoría, la mejor forma de verificar la mejor relación resistencia entre el cartón y el consumo de papel es formando una forma triangular al perfil de la onda. Existen varios perfiles de onda (ver figura 2.5) y cada una de ellas se caracteriza por su altura, el paso, el número de canales y el coeficiente de ondulación. En la tabla 2.2 se puede observar todos los tipos de ondas y sus características.

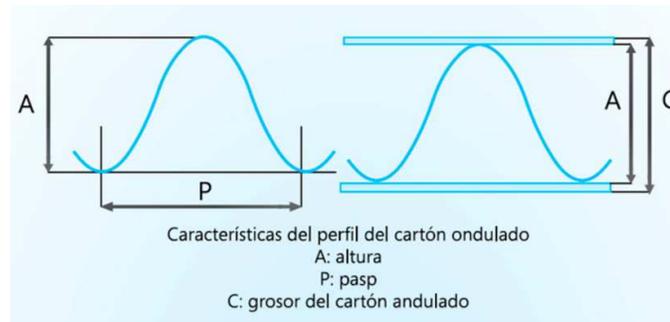


Figura 2. 5 Características de la onda del papel  
 fuente: Asociación de corrugadores del caribe, centro & Sudamérica (2010)  
 Tabla 2. 2 Características de la ondas de papel

Perfil del ondulado	Espesor del cartón corrugado en mm	Altura de la onda en mm	Aso en mm	Número de ondas por metro	Coefficiente de ondulación
Flauta K	6,1 a 7,0	6,0	11,7	90	1,50
Flauta A	4,5 a 5,8	4,4 a 4,8	8,1 a 9,5	123 a 105	1,48 a 1,60
Flauta C	3,6 a 5,0	3,5 a 4,0	7,0 a 8,1	143 a 123	1,39 a 1,50
Flauta B	2,6 a 3,8	2,4 a 2,8	6,0 a 6,8	167 a 147	1,30 a 1,51
Flauta E	1,2 a 2,0	1,1 a 1,4	3,0 a 4,2	333 a 238	1,17 a 1,43
Flauta F	0,9 a, 1,4	0,75	2,4 a 2,7	416 a 370	1,20 a 1,40

Fuente: Asociación de corrugadores del caribe, centro & Sudamérica (2010) Elaborado por: Autor

### 2.3.4. Cartón micro-corrugado

El cartón micro-corrugado (ver figura 2.6) o también conocido como cartón corrugado flauta "E" y "F" está conformada por dos hojas de papel conocidas como liner y médium. Esto se da dando cuando el papel médium se le da una forma de onda para posteriormente adherirlo con cola al papel liner. A diferencia de otros tipos de flauta esta posee una característica especial que es la flexibilidad, ideal para el mercado de floricultor. Las ondas del papel se conocen como flautas en el caso del micro-corrugado son de tipo E y F. El espesor de la onda varía dependiendo de la flauta en ser del caso tipo E su espesor es de 1,2 a 2,0 mm, en caso de la flauta tipo F es de 0,9 a 1,4 mm.

En el caso de la empresa GRUPASA S.A se fabrica Flauta tipo E siendo idóneo para el mercado ecuatoriano y cubre las necesidades de la clientela del País cumpliendo con los estándares de calidad y principios ambientales.



Figura 2. 6. lámina de cartón micro-corrugada  
Fuente: Asociación de corrugadores del caribe, centro & Sudamérica (2010)

### **2.3.5. Tensión**

En general la tensión del papel es básica en el proceso del cartón corrugado o micro-corrugado se debe mantener un correcto manejo de esta variable en el proceso, desde que empieza hasta el corte de la lámina. Para obtener una adecuada tensión del papel los brazos elevadores o montarrollos deben estar perfectamente alineados para evitar que en la formación y corte la lámina salga con problemas de medias y excesivas formaciones innecesarias de las crestas, así mismo en esta variable se involucra el montaje de las bobinas en la unidad de los brazos elevadores que una mala sujeción daña la bobina de papel generando desperdicios.

### **2.3.6. Adhesivo**

El adhesivo utilizado para la unión del papel liner y médium está conformado por almidón de maíz, sosa caustica y bórax disueltas en agua. El almidón se convierte en adhesivo después de haberse gelatinizado, para lograr el punto de gelatinización deberá estar involucrada la humedad y el calor. En la línea de producción de cartón micro-corrugado se deposita el adhesivo en una bandeja de la unidad del single facer que proviene mediante la fuerza de una bomba desde la unidad de engomado, que también alimenta a la maquina corrugadora.

### 2.3.7. Temperatura

En el proceso del cartón es esencial manejar un correcto control de temperatura ya que un mal manejo de esta variable genera desperdicios, paradas de máquina y aumento de precios de producción. En la tabla 2.3 se muestra los lugares donde se debe medir esta variable, en la micro-corrugadora de la empresa no existen los rodillos pre-calentadores y pre-acondicionares, entonces la adquisición de la variable temperatura se debe tomar a la salida de los rodillos corrugadores que es donde se le da forma a la onda del papel médium.

Tabla 2. 3 Temperaturas ideales en la producción de cartón micro-corrugado

Rodillos	Temperatura ideal (°C)
Rodillos corrugadores	160 a 171
Rodillo de presión	168 a 182
Rodillo Pre-calentador	177 a 182
Rodillo Pre-acondicionador	118 a 124

Fuente: Asociación de corrugadores del caribe, centro & Sudamérica (2010) Elaborado por: Autor

### 2.3.8. Humedad

Es importante en la formación del cartón que se lleve un buen control de humedad del papel ya que es importante para que el almidón se gelatinice y se añada bien en él proceso. Por lo general los rollos de papeles poseen una humedad del 5 % y 7%.

## 2.4. Sistemas de automatización

Los sistemas de automatización están compuestos por: Buses de campo, Autómata programable PLC, sensores y actuadores como se muestra en la figura 2.7. Básicamente la función principal de este sistema es que el operario no intervenga directamente sobre los elementos, por lo general el sistema de control opera con magnitudes de baja potencia llamadas señales y gobiernan accionamientos de potencia. (Ruiz, 2011)

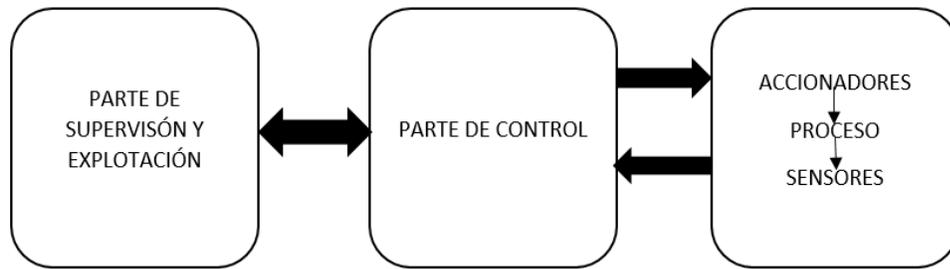


Figura 2. 7. Estructura de un diseño automatizado  
Fuente: (Ruiz, 2011)

### 2.4.1. Autómata programable PLC

Un autómata programable (AP) es un equipo electrónico programable diseñado para operar en el ámbito industrial, utiliza una memoria programable para el almacenamiento interno de instrucciones orientadas al usuario, así mismo para diseñar e implantar soluciones específicas como: funciones lógicas, secuencia, temporización, conteo y funciones aritméticas con el fin de controlar un proceso mediante entradas y salidas, digitales y analógicas en diferentes tipos de procesos o máquinas, este equipo puede ser programado en diferentes tipos de lenguajes: lenguaje de bloques, ladder o lenguaje escalera, lenguaje tipo estructurado y ensamblador basado en instrucciones. (Martín, 2010). Para la elaboración de la propuesta se escogió programar en el lenguaje ladder ya que el proceso de control del movimiento de los brazos elevadores es secuencial y permite un mejor desenvolvimiento en esta plataforma.

### 2.4.2. Sensores

Son dispositivos que se encargan de percibir señales ya sean físicas o químicas y transformarlas en magnitudes eléctricas. (Espinosa, 2009)

### 2.4.3. Actuadores

Un actuador es un dispositivo inherentemente mecánico cuya función principal es proporcionar fuerza para mover o ejecutar a otro dispositivo mecánico. Existen tres fuentes de fuerza posible: Presión neumática, presión hidráulica y fuerza motriz eléctrica. En el caso de la propuesta el actuador son los motores trifásicos ubicados en las extremidades de los brazos y su carcasa. (Vildosola, 2011)

### **2.4.3.1 Motores.**

Es un equipo capaz de transformar energía eléctrica en energía mecánica a través de interacciones electromagnéticas. El motor de corriente alterna y de corriente continua (ver figura 2.8) se basan en un mismo principio, el cual establece que si un conductor por el que circula corriente eléctrica se encuentra dentro de la acción de un campo magnético, este tiende a desplazarse perpendicularmente a las líneas de acción del campo magnético.



Figura 2. 8 Motor eléctrico  
Fuente: (Dominguez, 2005)

En la maquina micro-corrugadora existen alrededor de ocho motores trifásicos por lo que conocer el funcionamiento de este actuador es esencial en el proceso de micro-corrugado.

### **2.4.4. Simbología componentes eléctricos.**

Para la elaboración de la propuesta se debe conocer los componentes que intervienen en el proceso de movimiento de los elevadores de bobinas de papel con el fin de levantar información que no existía en la empresa. (ver figura 2.9)

En el ANEXO A se muestra el diagrama de control y de fuerza de los brazos elevadores o montarrollos, donde se puede verificar cada uno de elementos conociendo esta simbología.

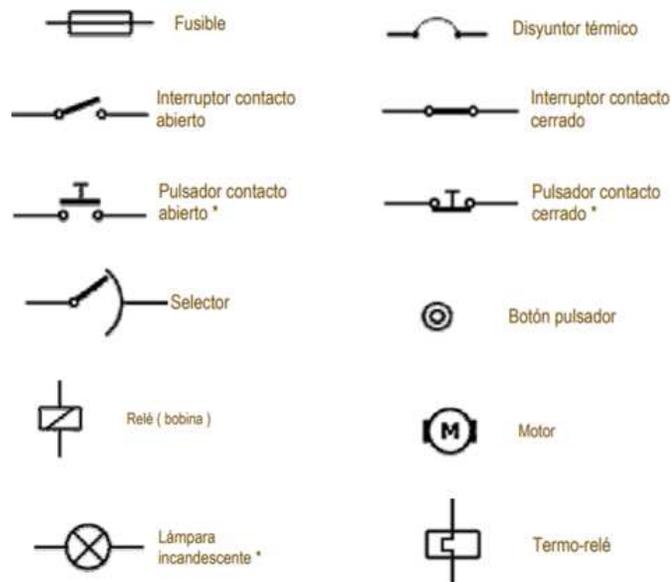


Figura 2. 9 Simbología de los componentes eléctricos de los brazos elevadores  
Fuente: (Universidad de Andalucía, 2009)

#### 2.4.5. Sistemas semiautomáticos

Se entiende por sistema semiautomático en un proceso donde cierta parte se realiza de forma automática y por otra parte necesita la intervención del ser humano, es decir cuando en todo el proceso no exista alguna intervención de un operario se conocerá como un proceso totalmente automático. En el proceso de micro-corrugado intervienen cinco operarios, dos en la calibración general de toda la máquina y tres para el paletizado del producto final.

Por lo general el proceso semiautomático siempre busca mejorar un proceso que en parte parcial cubra el operador o en caso de mala práctica por cambios variantes a ejecutar el proceso de manera manual.

#### 2.5. Software de programación

Para realizar la programación y simulación se utilizaron dos programas conocidos en el ámbito de automatización industrial, uno es el TIA PORTAL y el otro s7-PLCSIM siendo una de las mayores herramientas para elaborar este trabajo de titulación.

### 2.5.1. TIA PORTAL

TIA portal (ver figura 2.10) es un sistema innovador de ingeniería de control que permite configurar de forma intuitiva y eficiente en los campos de procesos de planificación y producción, además que ofrece un entorno amigable y unificado para todas las tareas de control, visualización y funcionamiento. (SIEMENS, 2014)

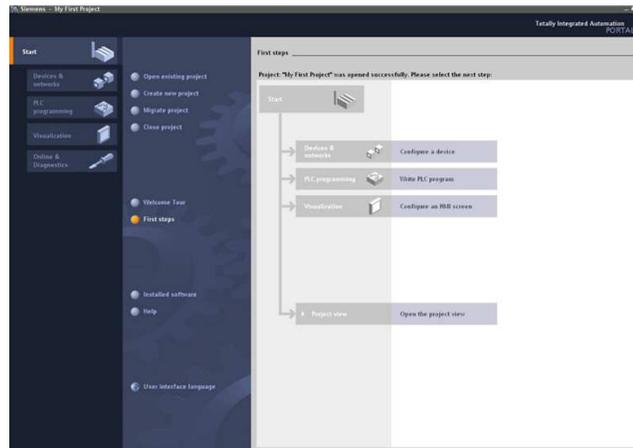


Figura 2. 10 Entorno virtual TIA Portal  
Fuente: (SIEMENS, 2014)

### 2.5.2. S7-PLCSIM

S7-PLCSIM permite simular el funcionamiento de un autómata programable S7. Sin necesidad de establecer una conexión con un equipo hardware, se puede comprobar su funcionamiento. (ver figura 2.11)



Figura 2. 11 Entorno del S7-PLCSIM  
Fuente: (SIEMENS, 2014)

## **CAPÍTULO III - OPERACIÓN DE LA MAQUINA Y UNIDADES QUE LA CONFORMAN**

En este capítulo pretende detallar toda la línea de producción de cartón micro-corrugado en la empresa GRUPASA S.A, con cada uno de los equipos que conforma la máquina, además de que será objeto de estudio para la propuesta planteada en el siguiente capítulo.

### **3.1. Descripción del proceso**

En el proceso de producción intervienen como materia prima los siguientes elementos ya mencionados en el capítulo II:

- Papel liner
- Papel médium
- Adhesivo

Estos tres elementos es donde se debe tomar importancia en su manejo desde que comienza el proceso hasta que termina, se puede decir que un mal manejo de la materia prima es la principal causa de los desperdicios de producción.

Ciclo actual de producción de cartón micro-corrugado en la empresa GRUPASA S.A:

- 1) Se montan las bobinas de papel en los brazos elevadores para su incorporación a la línea de producción.
- 2) Se alinean las bobinas de papel para empezar proceso de enhebrado.
- 3) Luego el papel ingresa al proceso del single face de la micro-corrugadora.
- 4) Se forma la lámina de micro-corrugado.
- 5) Se transporta la lámina de micro-corrugado hacia la cuchilla cut-off.
- 6) La cuchilla procede hacer cortes transversales a la lámina.
- 7) Se lleva a cabo una inspección de los operarios para verificar que el producto final no presente anomalías, de estar dañado el producto se procede a verificar las variables del proceso.

### 3.2. Máquina Micro-corrugadora

La máquina micro-corrugadora es un equipo capaz de transformar el papel en láminas de cartón micro-corrugado a altas velocidades. La transformación se realiza mediante el correcto control del papel, adhesivo, presión, humedad y tensión o alineación. Es importante resaltar que la máquina de la empresa posee la capacidad de trabajar 150 Ml x Min.

En general una micro-corrugadora está conformada por tres unidades principales (ver figura 3.1): Los elevadores de bobinas o monta rollos, unidad del single facer o formación del micro-corrugado y la unidad de corte de la lámina.

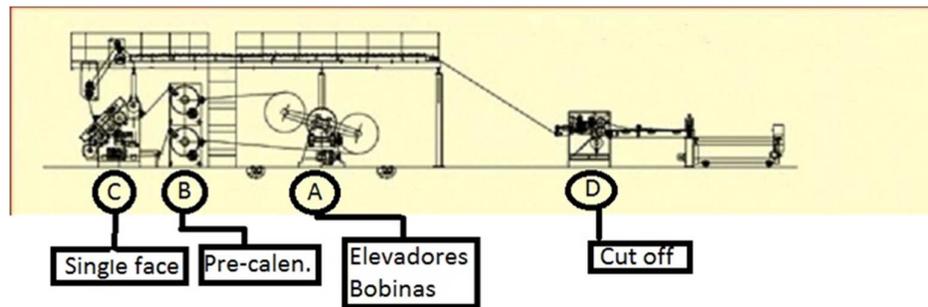


Figura 3. 1 Esquema general de una micro-corrugadora  
Fuente: El autor

En la imagen se muestra un esquema general de una máquina micro-corrugadora, en el caso de la empresa GRUPASA S.A la máquina no posee la unidad de los rodillos pre-calentadores, ya que estos son unos accesorios que se pueden agregar a futuro para mejorar el control de humedad del papel, sin embargo, posee las tres unidades fundamentales que debe tener la máquina los montarollos o elevadores de bobinas, unidad del single facer y la unidad de corte.

#### 3.2.1. Montarollos o elevadores de bobinas.

Este proceso se hace totalmente manual por un operario de la máquina, el alineamiento y montaje de los elevadores se realiza a través de pulsadores del tablero de control de la unidad. La secuencia que realiza es la siguiente: subir brazos, empujar la bobina de papel hasta encontrar el punto de sujeción, abre los brazos, luego los baja y cierra hasta sujetar la bobina e incorporarla a la línea de producción.



Figura 3. 2 Unidad de brazos elevadores  
Fuente: El autor

En la figura 3.2 se señala los diferentes componentes que se encuentran en esta unidad:

A) Freno neumático: Este equipo es utilizado usualmente para cuando se necesita frenar la tensión del papel por paradas que ocurran en la línea de producción de cartón micro-corrugado.

B) Tablero de control: Es donde el operario de manera empírica calibra los brazos a través de los pulsadores.

C) Brazos mecánicos: estos son los equipos que encargan de sujetar las bobinas de papel.

D) Motores eléctricos: ellos son los encargados de dar movimiento a los brazos a través de un mecanismo de engranajes.

En esta unidad es donde se va a realizar la propuesta semiautomática, es por ello que se detallara las partes técnicas a continuación:

#### ➤ **Tablero de control**

Es vital conocer lo que realiza un operador a través de la consola de mando donde ejecuta las instrucciones de alineamiento y montaje de las bobinas, ya que es lo que se va a ejecutar en la programación de esta propuesta, en la imagen 3.3 se muestra el tablero con cada uno de los equipos que la conforman.

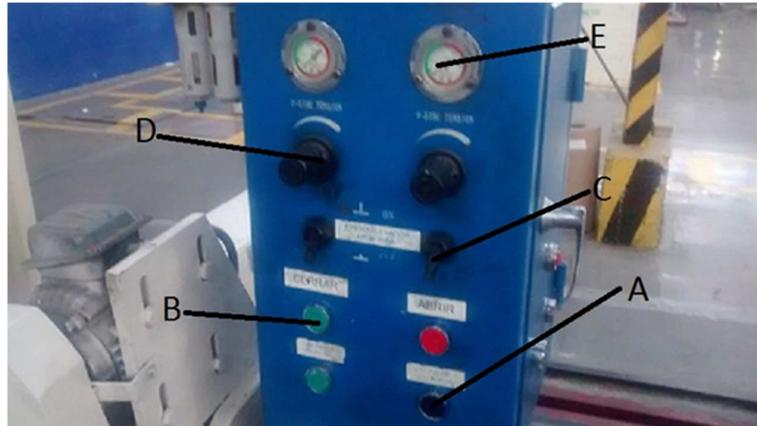


Figura 3. 3. Tablero de control de los brazos elevadores  
Fuente: El autor

A) Pulsadores de alineamiento axial derecho e izquierdo de los brazos: de acuerdo a lo detallado anteriormente el operador debe calibrar de manera empírica los brazos, el botón color negro es para alineamiento derecho y el color verde es para alineamiento izquierdo

B) Pulsadores de abrir y cerrar los brazos: así mismo el operador para abrir los brazos debe pulsar el color rojo y el verde para cerrar.

C) Interruptor de aire comprimido: Este interruptor es utilizado cuando el operador necesite encender el freno y tensionar el papel mediante el desgaste de la bobina.

D) Potenciómetros: son reguladores de la presión del aire comprimido suministrando por el compresor de la línea de la corrugadora.

E) Manómetros: es para verificar la presión utilizada en el freno neumático de los brazos elevadores.

Esta unidad cuenta con seis motores de marca SIEMENS, con un arranque directo con inversión de giro, posee una potencia de 5 HP y una velocidad de 1080 RPM, además de unos finales de carrera ubicados en los extremos de cada brazo por motivo de seguridad, el movimiento de los motores es conducido a través de unos engranajes acoplados mecánicamente en los brazos elevadores.

Para ver las conexiones de diagramas de fuerza y de control ver ANEXO A donde se muestra de manera más detallada cada una de las conexiones eléctricas de dicha unidad que va ser objeto de estudio en la propuesta de control.

### 3.2.2. Unidad del single facer

En este proceso el equipo funciona a través de una serie de rodillos en donde pasa el papel para su formación como lámina de cartón micro-corrugado. Esta unidad tiene dos entradas: una para el papel médium y otra para el papel liner. La entrada del papel médium es arrastrado por unos rodillos prensa lisa luego pasa por los rodillos corrugadores de acuerdo a la presión de ambos rodillos medirá la longitud de la onda, luego ya formada la onda pasa por un rodillo aplicador de cola que le pone a las puntas de la onda para posteriormente adherirlo al papel liner el cual fue ingresado por unos rodillos de prensa lisa como se muestra en la figura 3.4.

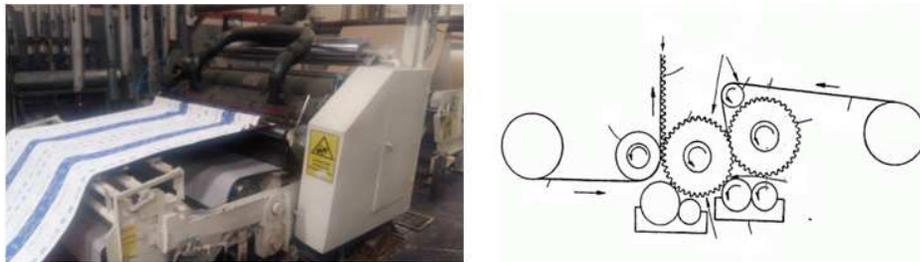


Figura 3. 4 Unidad single facer  
Fuente: El autor

El operador tiene una consola de mando para verificar cada ajuste que se la haga a este cuerpo, en los diferentes procesos ya mencionados. Tiene como variables en el panel la presión entre los rodillos corrugadores, encendido del motor principal, blower y aire comprimido monitoreado desde el panel del operador (ver figura 3.5), es de recalcar que previamente el operador debe analizar las variables del proceso antes de iniciar la producción, ya sea la temperatura en los rodillos corrugadores, viscosidad de la cola y limpieza de la unidad completa.



Figura 3. 5. Tablero de control unidad single facer  
Fuente: El autor

### 3.3. Unidad de corte

Luego del paso del papel en la unidad del single facer se procede a ingresar a la unidad cut off para ejecutar los cortes transversales por una cuchilla rotativa, en donde un operador la calibra según el tamaño de acuerdo al pedido solicitado.

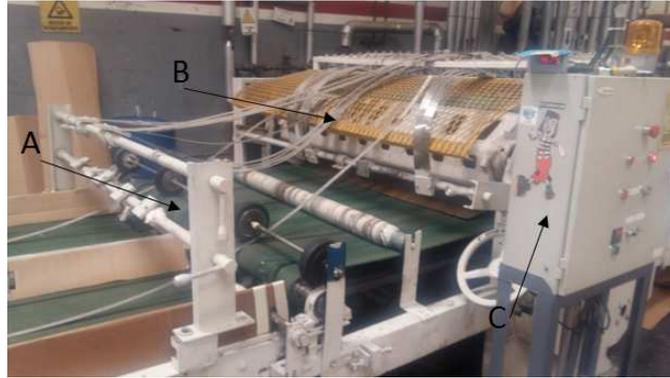


Figura 3. 6 Unidad de corte  
Fuente: El autor

De acuerdo a la figura 3.6 se señaló las siguientes partes como principales en dicha unidad se describirán a continuación:

- A) Bandas de transporte: se transporta el papel desde la salida de la unidad del single facer hasta en donde se paletiza el producto final.
- B) Cuchilla rotativa: se muestra en la imagen la carcasa de dicho equipo el cual es comandado por un regulador manual donde se calibra de acuerdo al pedido.
- C) Tablero de control: el operador debe regular la velocidad de las bandas de transporte y encender la cuchilla de la máquina.

Los componentes eléctricos que posee esta máquina son relativamente nuevos debido a que hace como un año se le instaló variadores y un motor, para que el proceso de calibración de la cuchilla sea rápido y productivo, por lo que esta unidad no presenta fallas y trabaja en óptimas condiciones, esto nos permite ir implementando mejoras en otras unidades como los elevadores de bobinas, para que un futuro pueda ser totalmente automatizada toda la línea de producción de cartón micro-corrugado.

## **CAPÍTULO IV - PROPUESTA SEMIAUTOMÁTICA EN LA MAQUINA MICRO-CORRUGADORA.**

En este capítulo se muestra el desarrollo de la propuesta realizada en los brazos elevadores de bobinas, orientadas a la mejora de la línea de producción de cartón micro-corrugado; es descrita y planteada, mostrando esquemas, diagramas, programación y simulación que permita visualizar el objetivo general planteado en el capítulo I.

Para la elaboración de la propuesta se siguió la siguiente metodología que permite explicar de la manera didáctica y comprensiva:

- Recolección de datos.
- Condiciones preliminares.
- Diagramas de flujo.
- Selección de la instrumentación.
- Selección del controlador lógico programable PLC
- Criterios de instalación.
- Programación del PLC.
- Simulación del PLC.
- Costo e inversión de la propuesta

### **4.1. Recolección de datos.**

Para empezar la propuesta planteada se dispuso a tomar un registro de lo que ocurría en el día a día de trabajo de dicha máquina, este registro fue tomado desde el día 1/02/2017 al 01/04/2017, para conocer sus paradas y tiempos muertos, que permita visualizar las fallas comunes que puedan ser controladas y así elaborar la propuesta.

Es esencial en un proyecto de automatización recolectar datos del proceso que se desea mejorar en tabla se muestra detalladamente los problemas comunes que ocurrieron en la micro-corrugadora.

Tabla 4. 1. Registro de paradas maquina micro-corrugadora mes febrero

<b>Fecha</b>	<b>Parada</b>	<b>Tiempo(min)</b>	<b>motivo</b>
6/02/2017	Mecánica-operativa	28	Colisión entre brazos daños en rodamientos
9/02/2017	calidad	45	Mala adhesión entre papeles por daño de bobina de papel
14/02/2017	Operativa	17	Incorrecto alineamiento en los brazos
15/02/2017	Calidad	7	Mala formación de la onda del papel médium en la unidad single-facer
20/02/2017	Calidad	19	Daño en bobina de papel por mala sujeción en los elevadores

Elaborado por: autor.

Como se pueden observar en la Tabla 4.1 y tabla 4.2 las paradas comunes y de mayor tiempo ocurren en la unidad de brazos elevadores generando un tiempo el mes de febrero 109 minutos y marzo de 59 minutos donde se explica que son paradas totalmente por mala práctica del operador,

Tabla 4. 2. Registro de paradas en la maquina micro-corrugadora mes Marzo

<b>Fecha</b>	<b>Parada</b>	<b>Tiempo(min)</b>	<b>Motivo</b>
1/03/2017	operativa	5	Daños en la bobina al momento de sujetar.
11/03/2017	calidad	28	Incorrecta formación de la onda del médium
14/03/2017	Operativa	30	Colisión entre los brazos.
20/03/2017	Operativa	24	Mal alineamiento entre los brazos
28/03/2017	Operativa	9	Incorrecta calibración en la cuchilla unidad de corte.

Elaborado por: autor.

#### **4.2. Condiciones preliminares**

Ya una vez encontrado el problema se procedió a analizar el proceso que se desea controlar y las exigencias que deben acoplarse al proceso actual, por lo que se propone un control semiautomático en los brazos elevadores de bobina que permita mejorar el proceso actual y minimice las paradas ya relatadas en las Tablas 4.1 y 4.2.

- Selección de los equipos idóneos para un correcto funcionamiento en la industria cartonera.
- Estandarización de los materiales a proponer.
- Factibilidad de costos y flexibilidad para futuros proyectos.
- Capacitación de los operarios en mantenimiento de los equipos.

### 4.3. Diagramas de flujo

Para ser más específicos en lo que consiste la propuesta se va a representar de forma gráfica el proceso que ejerce un operador actualmente y el proceso semiautomático que se propone.

Diagrama de flujo del proceso actual:

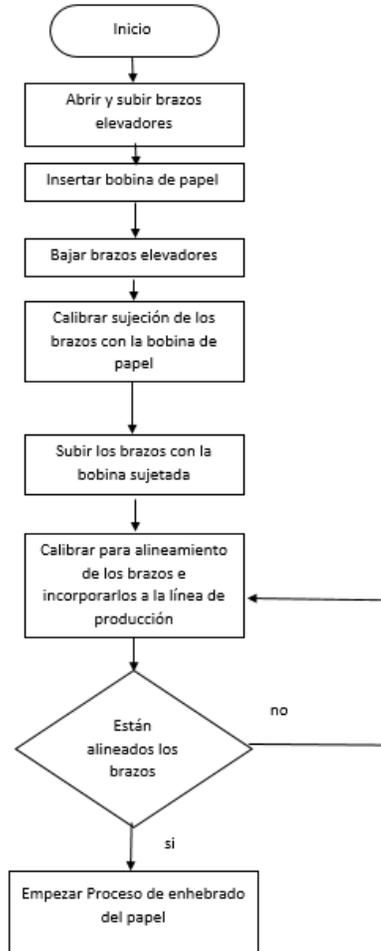
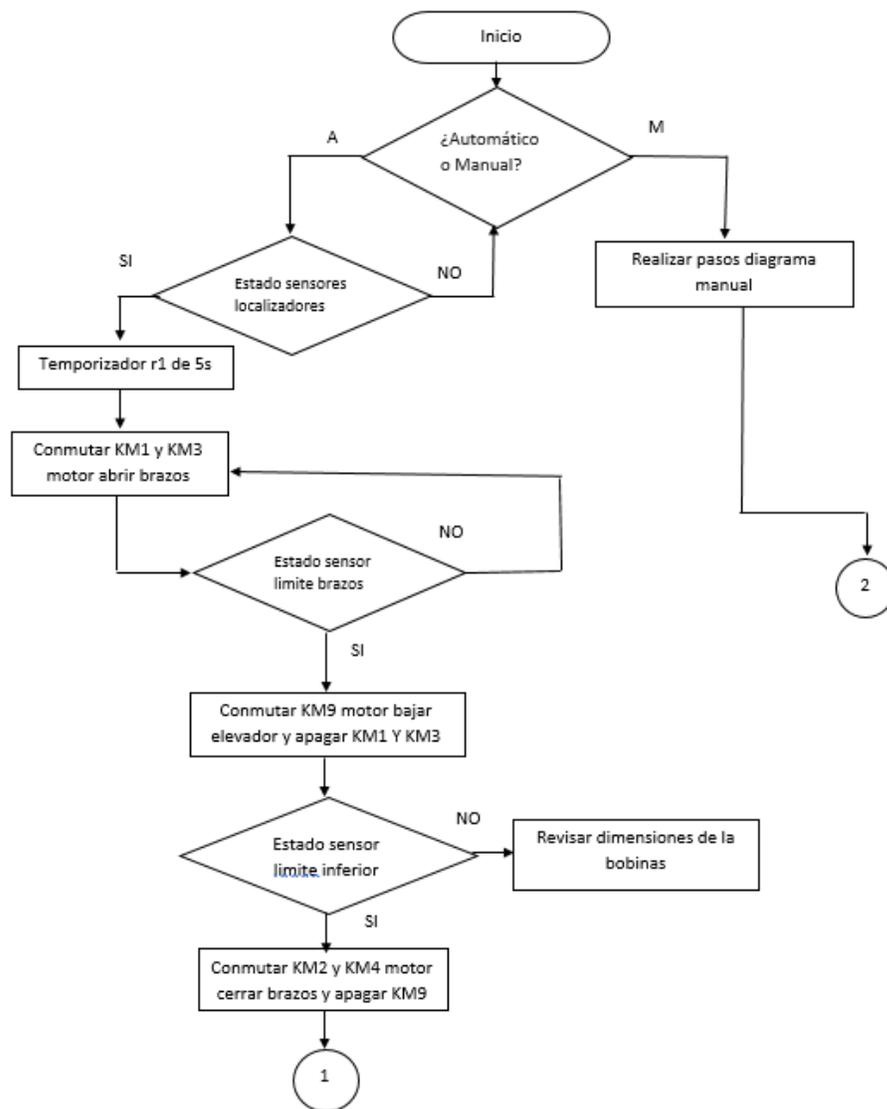


Figura 4. 1. Diagrama de flujo del proceso actual.  
Fuente: (autor,2017)

Como se puede apreciar en la figura 4.1 el operador debe realizar totalmente manual todos los pasos en dicho diagrama, es por ello que ocurren comúnmente fallas en la unidad de los brazos elevadores de bobinas, ya que necesitan la ayuda de los sensores en los lugares donde no se pueden observar.

Diagrama de flujo propuesto:

Como se muestra en el diagrama propuesto (ver figura 4.2), al inicio que el operador va a empezar con el proceso de incorporar las bobinas a la línea de producción va tener un selector donde va escoger el modo de operarlo automático o manual, donde el manual es para insertar las bobinas para luego realizar todo el proceso en automático, o también hacer la operación como se muestre en el diagrama de flujo anterior



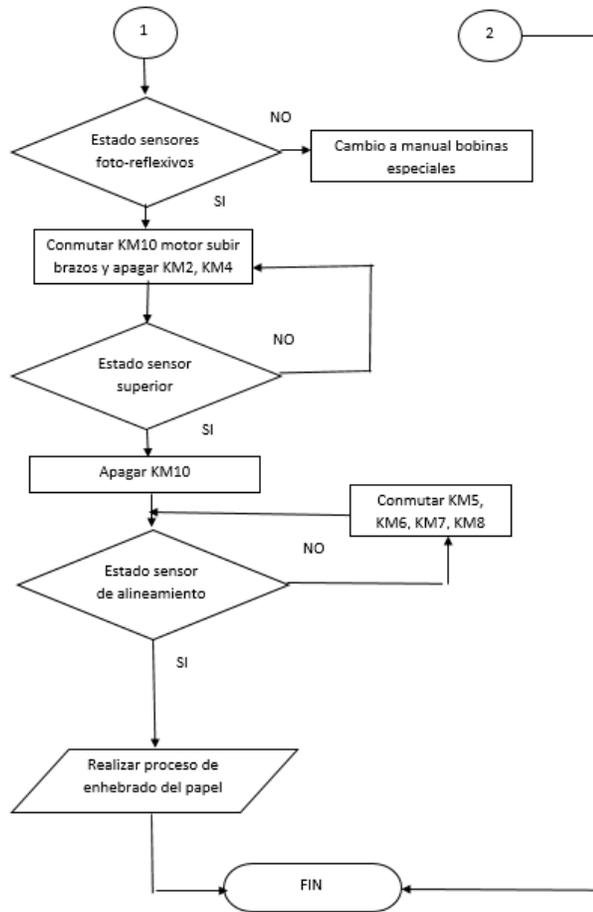


Figura 4. 2 Diagrama de flujo propuesto  
fuente: El autor

#### 4.4. Selección de la instrumentación

Para empezar el proceso de elegir cada uno de los elementos se analizaron los diferentes equipos que existen en el mercado y repuestos de los mismos, que permitan mantener un buen stock de repuestos en bodega. En el punto de vista de inversión conviene que sean de una misma línea de marca ya que esto nos permite ahorrar en cableado, comunicación y mantenimiento.

La propuesta plantea que se debe requerir los siguientes materiales para obtener un correcto control de los brazos elevadores: sensores de proximidad, sensores ópticos y controlador lógico programable PLC.

#### 4.4.1. Sensor de proximidad

Se eligió los sensores de la marca SIEMENS de la serie SIMATIC PXS310C M18 ideales mantener una estandarización con el controlador y los motores para poder evitar costos. En la tabla 4.3 se detalla la descripción del equipo.



Figura 4. 3. Sensor de proximidad SIMATIC  
Fuente:( Siemens, 2015)

Tabla 4. 3. Características del sensor de proximidad

<b>Descripción</b>	<b>Valor</b>
Zona de detección	10 a 100 (cm)
Tensión	20 a 20 (Vdc)
Intensidad	200 (Ma)
Frecuencia ultrasónica	200 (kHz)
Temperatura de trabajo	-25 a 70 (°C)

Fuente:( siemens,2015) Elaborado por: Autor

Como se puede observar en las características del sensor de proximidad posee una detección de diez a cien centímetros siendo idóneos para ser colocados en los soportes mecánicos de los brazos y en los elevadores además de que son robustos para operar en la industria cartonera.

#### 4.4.2. Sensor óptico

Se escogió los sensores de la familia SIEMENS de la serie SIMATIC PXO300 K21 de la misma que el anterior ayuda para la estandarización y buen mantenimiento de dichos equipos.



Figura 4. 4 Sensor óptico  
Fuente: (Siemens, 2015)

En la tabla 4.4 se muestra las características del sensor óptico donde se muestra la capacidad de poder4 trabajar en los sujetadores de los brazos para no dañar las bobinas de papel.

Tabla 4. 4 características del sensor óptico

<b>Descripción</b>	<b>Valor</b>
Zona de detección	2,5 a 10 (cm)
Tensión	10 a 30 (Vdc)
Intensidad	100 (mA)
Frecuencia	1000 (Hz)
Temperatura de trabajo	-20 a 60 (°C)

Fuente:( siemens,2015) Elaborado por: Autor

Como elementos de instrumentación solo se eligió estos sensores, ya que los demás equipos eléctricos y mecánicos se encuentran en bodega y son muy usado en la industria y cuenta con muy buen stock, los elementos de necesidad urgente para lleva a cabo esta propuesta son estos dos además del controlador lógico programable PLC.

#### 4.5. Selección del PLC

Para la selección del autómata se consideró cuáles eran las necesidades de nuestro problema planteado y revisar los beneficios de este controlador, por lo que se requiere que cumpla con las siguientes necesidades:

- Debe poseer flexibilidad para la implementación y para futuras mejoras que ocurran en la línea de producción de cartón micro-corrugado.
- Capacidad de leer 17 entradas digitales y 12 salidas digitales, ya que son las variables bases del proyecto.
- Posibilidad de comunicar vía Ethernet y pantalla HMI para futuras mejoras de control.

Por cuestión de confiabilidad y flexibilidad se eligió de la familia SIEMENS el modelo s7-300 con CPU 315 2DP (ver figura 4.4), además por cuestión de recursos, ya que es muy utilizado en la empresa y accesible para los inversionistas, además de que cumple con todas las exigencias planteadas por los supervisores técnicos.

Este CPU tiene las características principales de todo autómata programable: memoria central integrada y ampliable, memoria de carga, respaldo de datos, temporizados/contadores, marcas, bloques, canales digitales, canales analógicos, etc. Para recalcar también es deseable agregar un módulo de entradas y salidas digitales ya que permite flexibilidad a la hora de la programación.



Figura 4. 5. PLC s7-300  
Fuente:(siemens, 2015)

#### 4.6. Criterios de instalación

Para conocer como debe ser el proceso de instalación de los equipos y materiales en la unidad de brazos elevadores, se deben utilizar los soportes mecánicos ya existentes en dicha unidad, además del cableado y tuberías que operan en la actualidad y se encuentran en perfecto estado.

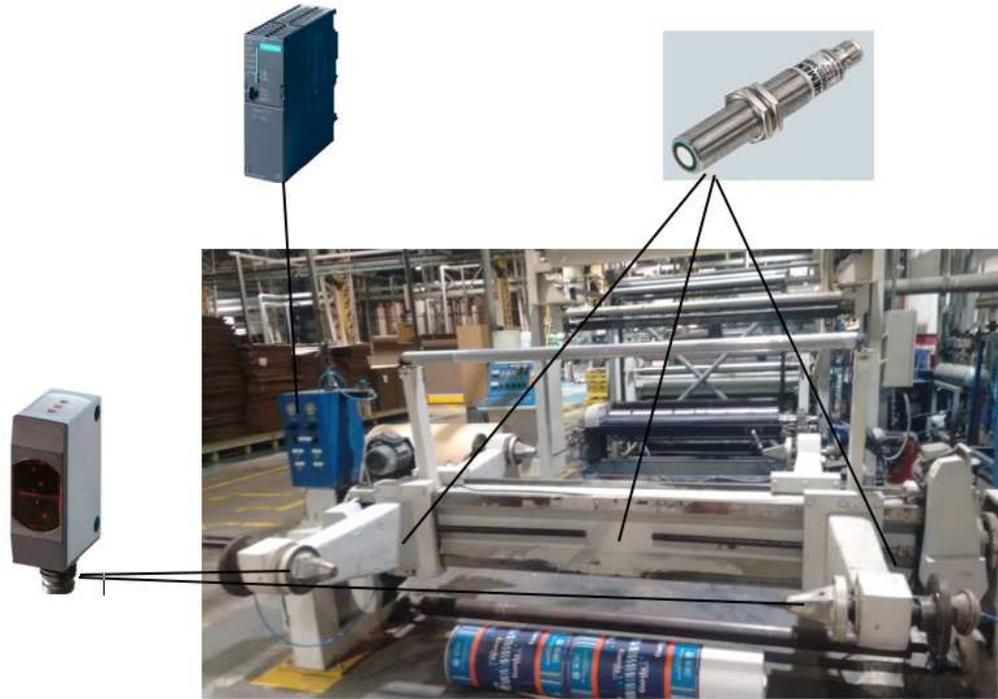


Figura 4. 6. esquema de instalación de los equipos  
fuente: El autor

Como se muestra en la figura 4.6 se propone instalar dos sensores inductivos de proximidad en los extremos de la apertura horizontales, esto es fundamental para garantizar la interrupción del movimiento cuando esté en su límite, esto evitara que los brazos colisionen entre si. Otros dos sensores se pretenden poner para los finales de carrera que se encuentran en el eje de rotación de los brazos, capaz de que se activen en la máxima y mínima posición vertical. Además, sensores ópticos para indicar hasta donde deben llegar los brazos para sujetar la bobina sin necesidad de dañarla, para finalizar el aspecto que no debe faltar es el sensor para la alineación se coloca en la carcasa de los brazos para indicar donde deben quedar los brazos con las bobinas de papel y para garantizar que empiece la secuencia de automatización.

Para observar el lugar donde se propone el montaje de los sensores en las bases mecánicas de la unidad de los brazos elevadores ver ANEXOS donde se detalla cada lugar donde se espera se monten los sensores propuestos.

#### 4.6.1. Esquema general del PLC

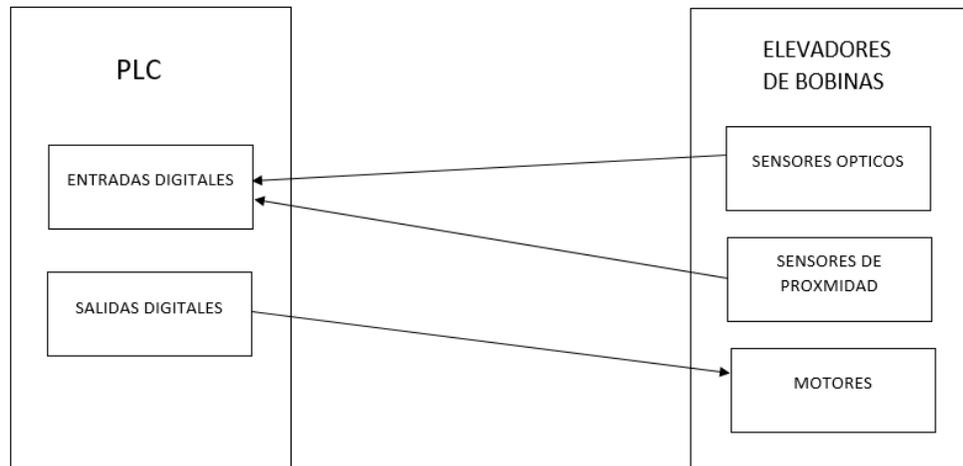


Figura 4. 7. Esquema general del PLC  
fuente: El autor

En la figura 4.7 se muestra el esquema general de los dispositivos con el PLC, se muestra como diagrama de bloques para que se vea de fácil entendimiento para el lector, el diagrama principal de control y fuerza de la unidad de los brazos elevadores se encuentra en el ANEXO A donde se explica de manera más detallada cada uno de los elementos que interviene en la unidad de los montarrollos.

Para esta propuesta se debe modificar el tablero de control ya que se va agregar el controlador y una serie de entradas y salidas, además de fuente DC para los sensores y el PLC en el cual se va a detallar más adelante. Se recomienda de que en caso de utilizar otros equipos de instrumentación verificar si poseen transductores para convertir las señales que poseen, cada marca en esta línea industrial, en caso de ser de diferentes equipos consultar con las características que le dé proveedor de dicha marca, sin más que agregar continuemos con la programación del PLC.

#### 4.7. Programación del PLC

La programación se realizó en el software TIA PORTAL debido a que pertenece a la línea de productos SIEMENS. Se eligió programar en el lenguaje LEADDER, ya que los técnicos tienen conocimientos previos y es de fácil entendimiento. En primer lugar, se elaboraron las tablas 4.5 y 4.6 donde se reconocen las entradas y salidas, para llevar a cabo la programación del sistema semiautomático en los brazos elevadores de bobinas de la maquina micro-corrugadora.

Tabla 4. 5 Entradas del PLC

<b>ENTRADA</b>	<b>TIPO</b>	<b>FUNCIÓN</b>
1	Digital	Orden operador 1
2	Digital	Orden operador 2
3	Digital	Limite vertical superior
4	Digital	Limite vertical inferior
5	Digital	Límite derecho 1
6	Digital	Limite izquierdo 1
7	Digital	Brazo derecho 1
8	Digital	Brazo izquierdo 1
9	Digital	Alineación 1
10	Digital	Localizador de bobina 1
11	Digital	Localizador de bobina 2
12	Digital	Limite derecho 2
13	Digital	Limite izquierdo 2
14	Digital	Brazo derecho 2
14	Digital	Brazo izquierdo 2
15	digital	Alineación 2

Elaborado por: autor

Se ordeno de acuerdo a la programación realizada, los que se indican como orden operador es el accionado manual o automático que va alimentar todos los segmentos del programa.

Tabla 4. 6. Salidas del PLC

<b>SALIDA</b>	<b>TIPO</b>	<b>FUNCIÓN</b>
1	Digital	Abre los brazos del montarollo 1
2	Digital	Abre los brazos del montarollo 2
3	Digital	Baja los brazos del elevador de bobinas
4	Digital	Cerrar los brazos del montarollo 1
5	Digital	Cerrar los brazos del montarollo 2
6	Digital	Subir los brazos del elevador de bobinas
7	Digital	Movimiento axial derecho del carro 1
8	Digital	Movimiento axial izquierdo del carro 1
9	Digital	Movimiento axial derecho del carro 2
10	Digital	Movimiento axial izquierdo del carro 2

Elaborado por: Autor

Ya una vez identificadas las entradas y salidas se proceden a realizar la programación de acuerdo como fueron designadas.

La programación se la realizo con el CPU 1500 debido a que el programa s7-PLCSIM solo se puede simular con dicho dispositivo, sin embargo, la programación es la misma para el PLC propuesto, a continuación, se muestra todos los segmentos del programa:

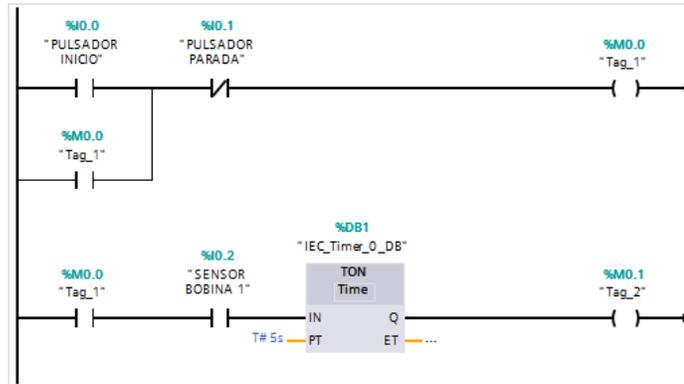


Figura 4. 8. Primer segmento de la programación alimentación del proceso  
Fuente: El autor

Como se muestran en la figura 4.8 una vez que el operador pulsa inicio debe estar puesta la bobina de papel el riel, en caso contrario el proceso automático no va comenzar por seguridad, para el proceso de la propuesta del localizador de bobina en el segundo brazo es el mismo.

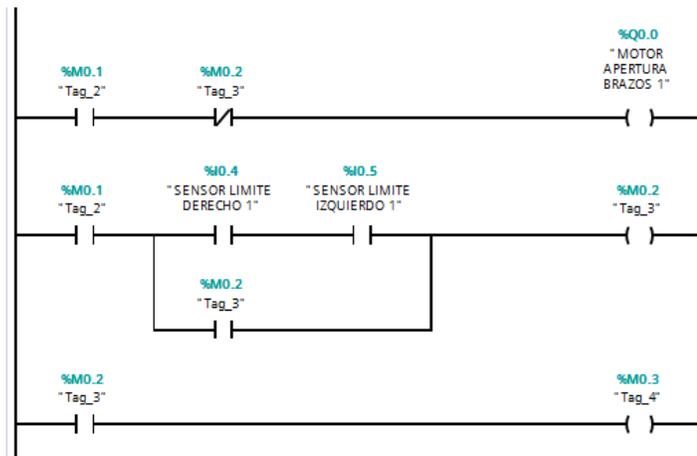


Figura 4. 9 Segmento de la apertura de los brazos  
Fuente: El autor

De igual manera es la misma programación para el brazo 2 en los ANEXOS se muestra la programación completa propuesta en el control de los brazos elevadores.

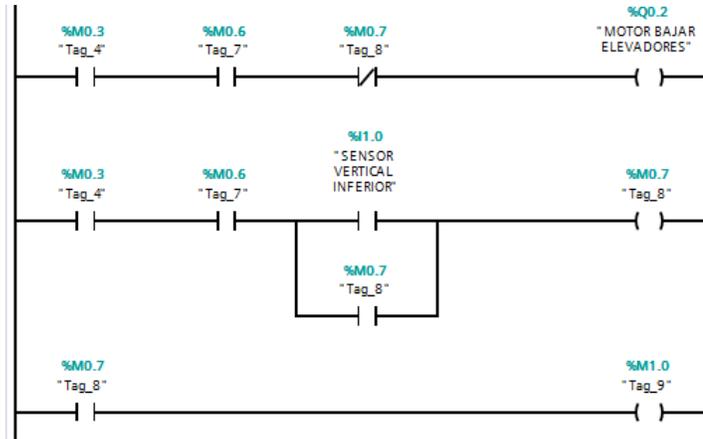


Figura 4. 10 Segmento de Bajar los brazos  
Fuente: El autor

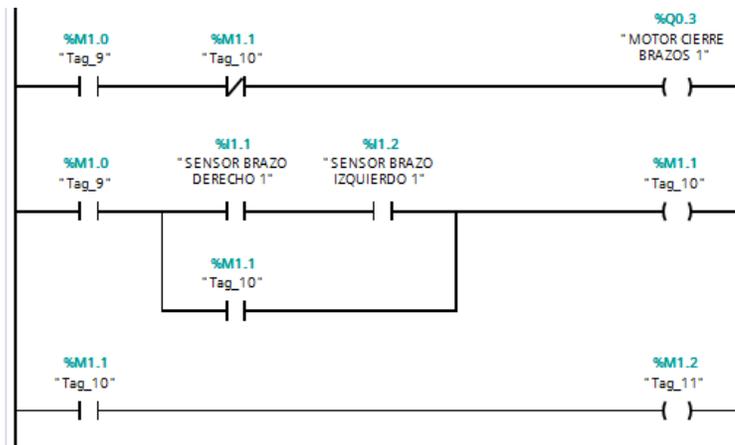


Figura 4. 11 Segmento de cerrar los brazos  
Fuente: El autor

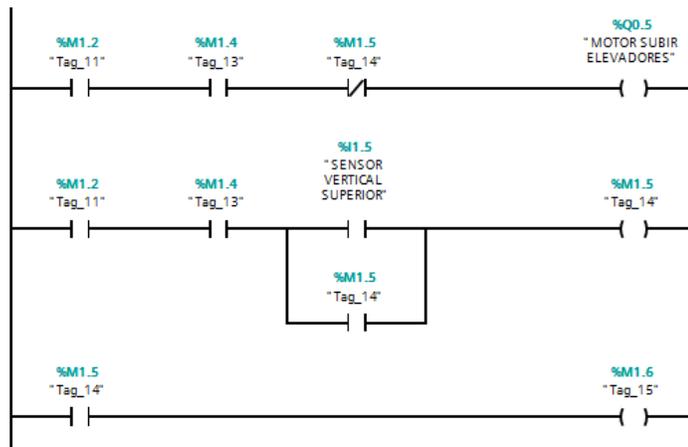


Figura 4. 12. Segmento de subir los brazos  
Fuente: El autor

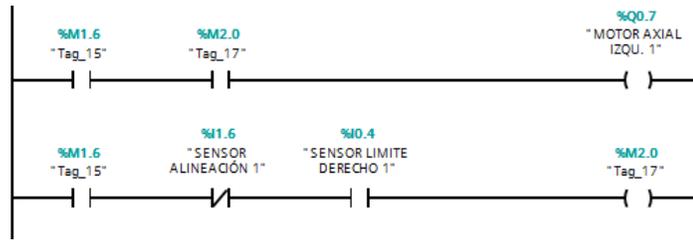


Figura 4. 13 Segmento del motor axial  
Fuente: El autor

#### 4.8. Simulación de las variables del PLC.

Se simuló el programa con el software s7-PLCSIM (ver figura 4.14), se elaboró una tabla con las entradas virtualmente para poder seleccionar cada entrada y verificar el comportamiento de las salidas de los relés en cada motor.

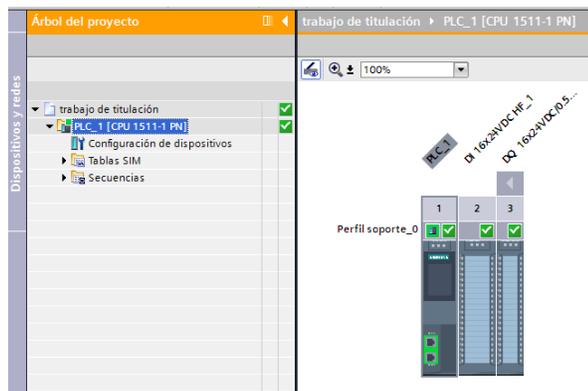


Figura 4. 14 programa S7-PLCSIM  
Fuente: El autor

Entonces se procedió a realizar la tabla de las variables virtualmente de las entradas ya relatadas anteriormente:

	*PULSADOR INICI...	%I0.0	Bool	FALSE	FALSE
	*PULSADOR PAR...	%I0.1	Bool	FALSE	FALSE
	*SENSOR BOBINA...	%I0.2	Bool	FALSE	FALSE
	*SENSOR BOBINA...	%I0.3	Bool	FALSE	FALSE
	*SENSOR LIMITE ...	%I0.4	Bool	FALSE	FALSE
	*SENSOR LIMITE I...	%I0.5	Bool	FALSE	FALSE
	*SENSOR LIMITE ...	%I0.6	Bool	FALSE	FALSE
	*SENSOR LIMITE I...	%I0.7	Bool	FALSE	FALSE
	*SENSOR VERTIC...	%I1.0	Bool	FALSE	FALSE
	*SENSOR BRAZO ...	%I1.1	Bool	FALSE	FALSE
	*SENSOR BRAZO ...	%I1.2	Bool	FALSE	FALSE
	*SENSOR BRAZO ...	%I1.3	Bool	FALSE	FALSE
	*SENSOR BRAZO ...	%I1.4	Bool	FALSE	FALSE
	*SENSOR VERTIC...	%I1.5	Bool	FALSE	FALSE
	*SENSOR ALINEA...	%I1.6	Bool	FALSE	FALSE
	*SENSOR ALINEA...	%I1.7	Bool	FALSE	FALSE

Figura 4. 15 Tabla virtual de entradas  
Fuente: El autor

Se procede a energizar la simulación activando el pulsador de inicio, de acuerdo este debe energizar toda la programación:

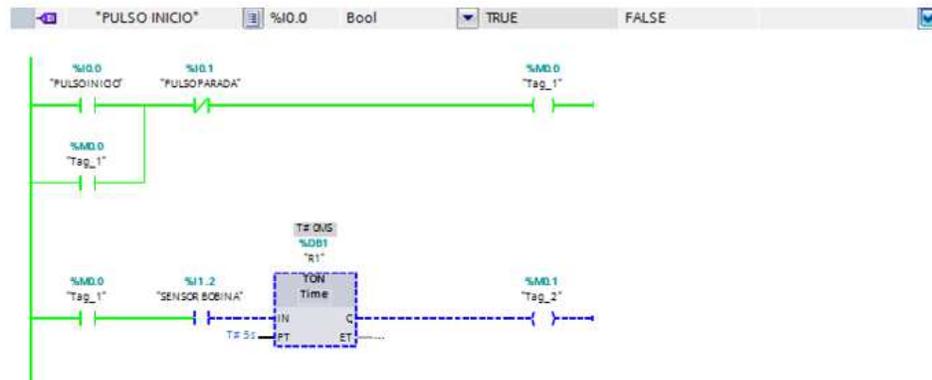


Figura 4. 16 Simulación pulsador de inicio  
fuente: El autor

Como se muestra en la figura 4.16 se alimenta la siguiente línea a la espera del sensor de bobina para energizar %M0.1 para dar inicio el proceso automático.

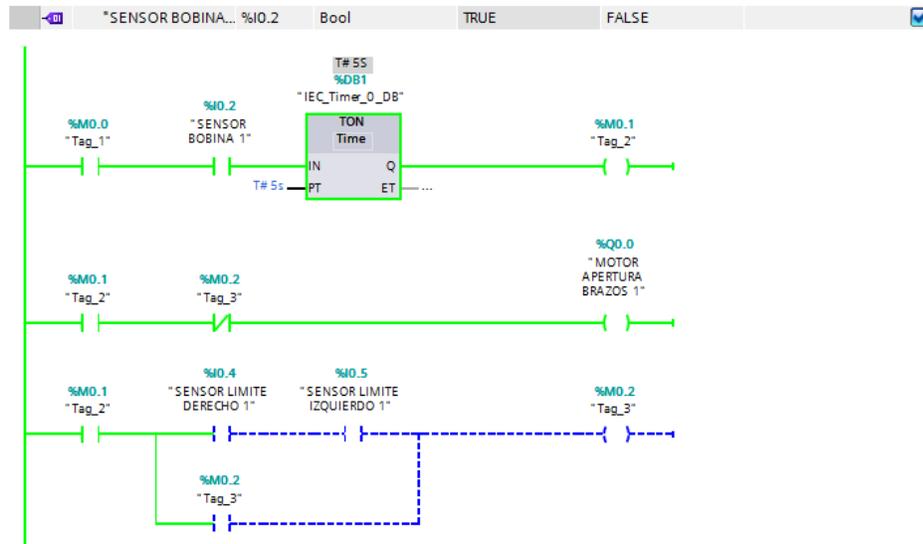


Figura 4. 17 Simulación sensor de bobina  
fuente: El autor

En la figura 4.17 se activa el sensor de la bobina y luego de 5 segundos del temporizador se enciende el motor de apertura de los brazos, a la espera de que se activar los sensores del limite horizontal, estas líneas de programación son similares para continuar con la secuencia con los brazos #2.

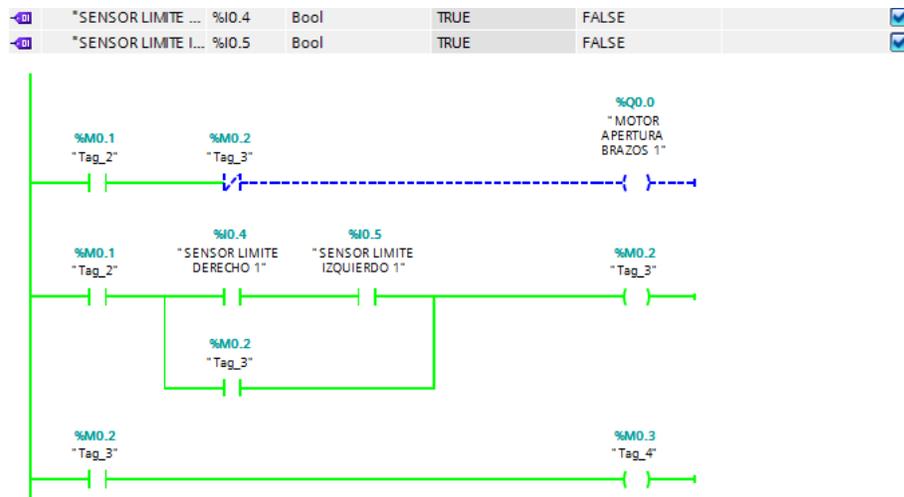


Figura 4. 18 Simulación de los sensores horizontales  
fuente: El autor

Como se muestra en la figura 4.18 se procede activar los sensores horizontales cuando llegan al tope, se enciende el motor para bajar los brazos y se apagan el motor de apertura completando la secuencia del diagrama propuesto.

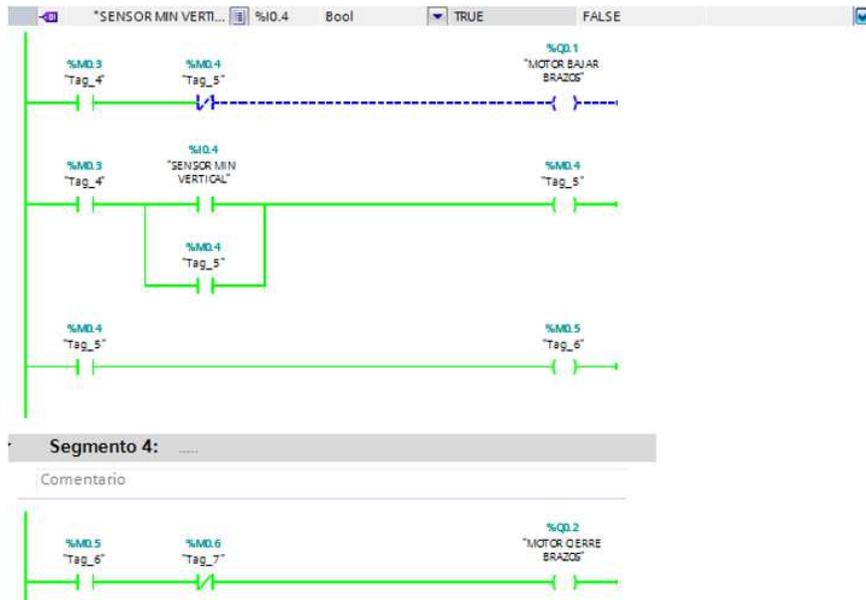


Figura 4. 19 Simulación del sensor mínimo vertical  
fuente: El autor

En la figura 4.19 se activa el sensor mínimo vertical y efectivamente se apaga el motor de bajar los brazos y se enciende el motor de cierre, así mismo son los siguientes pasos hasta el encendido del motor axial.

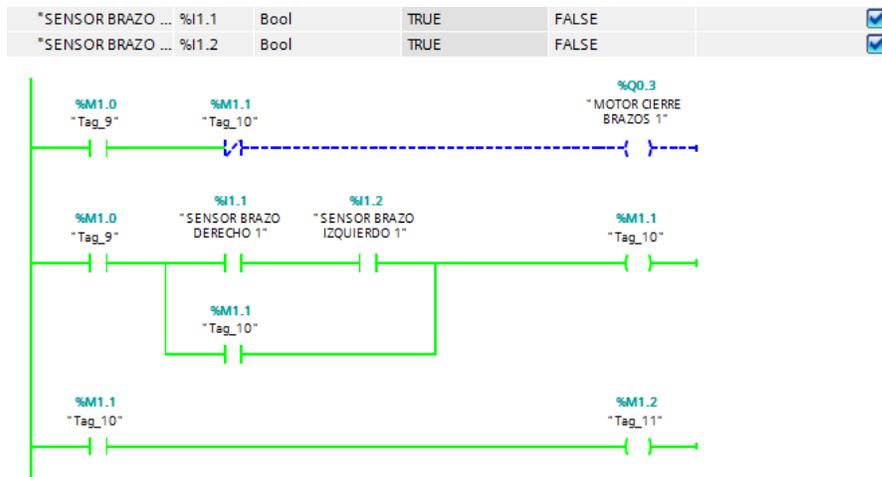


Figura 4. 20. Simulación de los sensores ópticos  
fuente: El autor

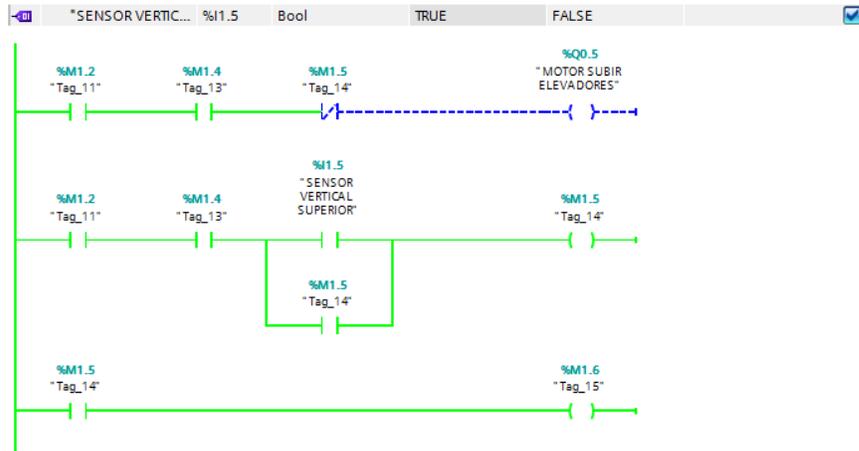


Figura 4. 21 Simulación del sensor máximo vertical  
fuente: El autor

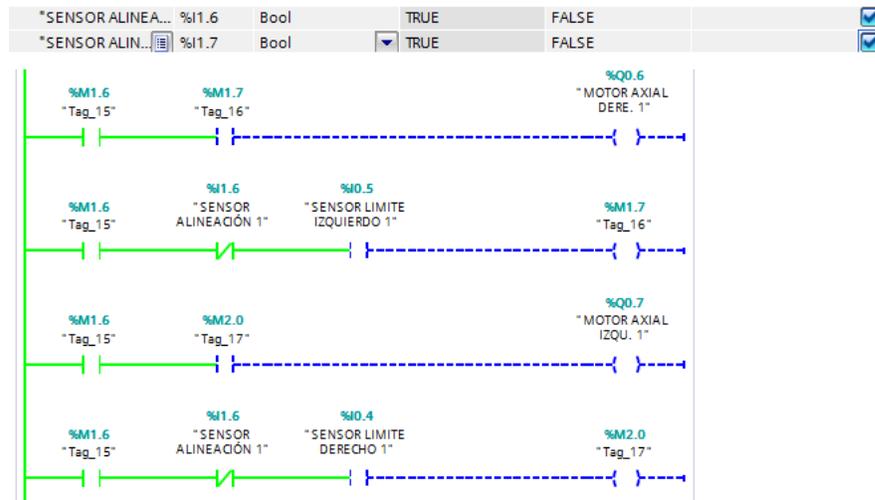


Figura 4. 22. Simulación sensor de alineación  
fuente: El autor

En el ANEXO D se muestra la programación completa donde se puede verificar todas las líneas de programación de ambos brazos elevadores de bobinas de papel, sin embargo como el control es el mismo simplemente se repite el patrón de programación.

#### 4.9. Costo e inversión de la propuesta

Para llevar a cabo el estudio de la inversión de la propuesta se consultó con diferentes proveedores, en donde se escogió las más fiable y menos costoso, así mismo se contaba con algunos equipos que ya se poseen en bodegas de la empresa, permitiendo ahorrar costos en materiales. (véase la tabla 4.7)

Tabla 4. 7 Costos de materiales propuestos

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Modelo</b>	<b>Precio/unidad</b>	<b>Precio total</b>
PLC s7-300	1	6ES7313-6CG04-0AB0	\$1.645	\$1.645
Fuente de alimentación	1	6EP1333-3BA00	\$450	\$450
Sensores de proximidad SIMATIC	10	PXS310C- M18	\$90	\$900
Sensores ópticos SIMATIC	2	PXO300-K21	\$150	\$300
Módulo de expansión de entradas y salidas	1	6ES7323-1BH01-0AA0	\$200	\$200
Varios	1	Cables, terminales, marquillas, mano de obra	\$3500	\$3500
			<b>Total</b>	<b>\$6995</b>

Fuente: El autor

#### 4.10. Reducción de tiempos muertos

De acuerdo a los datos recolectados anteriormente, se decidió a dar prioridad a aquellas que podían afectar, ya fuera de manera directa e indirecta, la productividad y buscar la manera de ahorrar tiempo y esfuerzo.

Uno de los puntos más importantes que quita tiempo considerablemente son el montaje y alineación de las bobinas de papel donde las paradas son significativas como se mostro en la tabla 4.1 originaba 109 minutos de paradas al mes de febrero

Con la propuesta de control en el montaje y alineación de los brazos elevadores se pretende lo que a continuación se describe, considerando las paradas ocasionadas del respectivo mes analizado.

$$N = \frac{960}{109} = 9 \text{ minutos}$$

$$T_T = 9 \times 30 = 270 \text{ minutos}$$

Donde:

N: Cantidad de minutos perdidas al día

Tt: Tiempo de minutos perdidas en el mes

Cabe recalcar que la máquina trabaja dos turnos de ocho horas produciendo un total al mes de dos mil toneladas métricas, además de que se encuentra operando a cien metros lineales por minuto. Suponiendo que el ahorro con el sistema de control del tiempo total empleado se obtiene lo siguiente:

Si 60 min= 100% entonces 9 min= 15%

$$R = 15\%(100ml) = 150 \text{ ml } x \text{ min}$$

Donde:

R: metros no producidos

Esto representaría para la empresa un total de 4500 metros lineales no producidos en el mes por fallas operativas, siendo dos horas de perdida de trabajo al mes.

## CAPÍTULO V - Conclusiones y recomendaciones

### 5.1. Conclusiones

Al término de este trabajo de titulación se ha llegado a las siguientes conclusiones:

- Los procesos que se presentan en el área cartonera y más específicamente en el de cartón micro-corrugado no son tan fácilmente para ser automatizados por lo que el levantamiento de información fue idóneo en este trabajo de titulación dejando diagramas, teoría, fundamentos y programación que no tenían en la empresa, sirviendo como base para futuros proyectos para en esta línea de producción
- La metodología escogida para elaborar la propuesta fue muy eficiente desde la recolección de datos hasta el presupuesto, ya que me permitió presentar de forma sencilla y didáctica un proceso poco conocido en el área de automatismo.
- Se mantuvo una estandarización en los equipos de control y automatismo permitiendo ahorrar precios y mejorar procesos industriales que logren cumplir las normas que posee la empresa.
- El programa s7-PLCSIM sirvió como una herramienta fundamental para simular el comportamiento de las bobinas o relés de la programación dejando en evidencia la capacidad de cada segmento realizado.

## 5.2. Recomendaciones

De acuerdo a lo desarrollado en este trabajo de titulación se recomienda los siguientes aspectos:

- En el caso de montar los sensores físicamente verificar las bases mecánicas que permitan la instalación de los equipos, en caso contrario cambiar a otros dispositivos que posean las mismas características de esta propuesta.
- Se recomienda implementar esta propuesta en un futuro cercano, ya que esta inversión puede ser recuperada en poco tiempo debido a todas las necesidades expuestas anteriormente, adicionalmente las fallas ocurridas en la maquina es por un mal manejo hecho por los operadores que deben ser soportados por los sensores lo antes posible.
- Se estima que este proyecto cubre todos los aspectos en la automatización de los brazos elevadores de bobinas; es importante recalcar que se deben realizar pruebas pertinentes antes de implementar el PLC, para verificar cada detalle relatado en este proyecto.
- Se recomienda que luego de implementar este proyecto se sigan actualizando en la línea de micro-corrugado, esto permitirá captar información de fallas en tiempo real y números en producción logrando automatizar completamente la máquina.

## **GLOSARIO**

### **MÁQUINA MICRO-CORRUGADORA**

Equipo capaz de transformar el papel en cartón en altas velocidades; esta conformada por tres unidades principales: Brazos elevadores, single facer o cara sencilla y cut-off o de corte.

### **BRAZOS ELEVADORES DE BOBINAS**

Es unidad perteneciente a la maquina micro-corrugadora que maneja la variable de tensión y alineamiento del papel en la producción de cartón.

### **PLC**

Es un controlador de carácter industrial que trabaja en ambientes hostiles.

### **SENSOR DE PROXIMIDAD**

es un transductor que detecta objetos o señales que se encuentran cerca del sensor. Existen varios tipos de sensores de proximidad según el principio físico que utilizan.

### **SENSOR OPTICO**

Se basa en el aprovechamiento de la interacción entre la luz y la materia para determinar las propiedades de ésta.

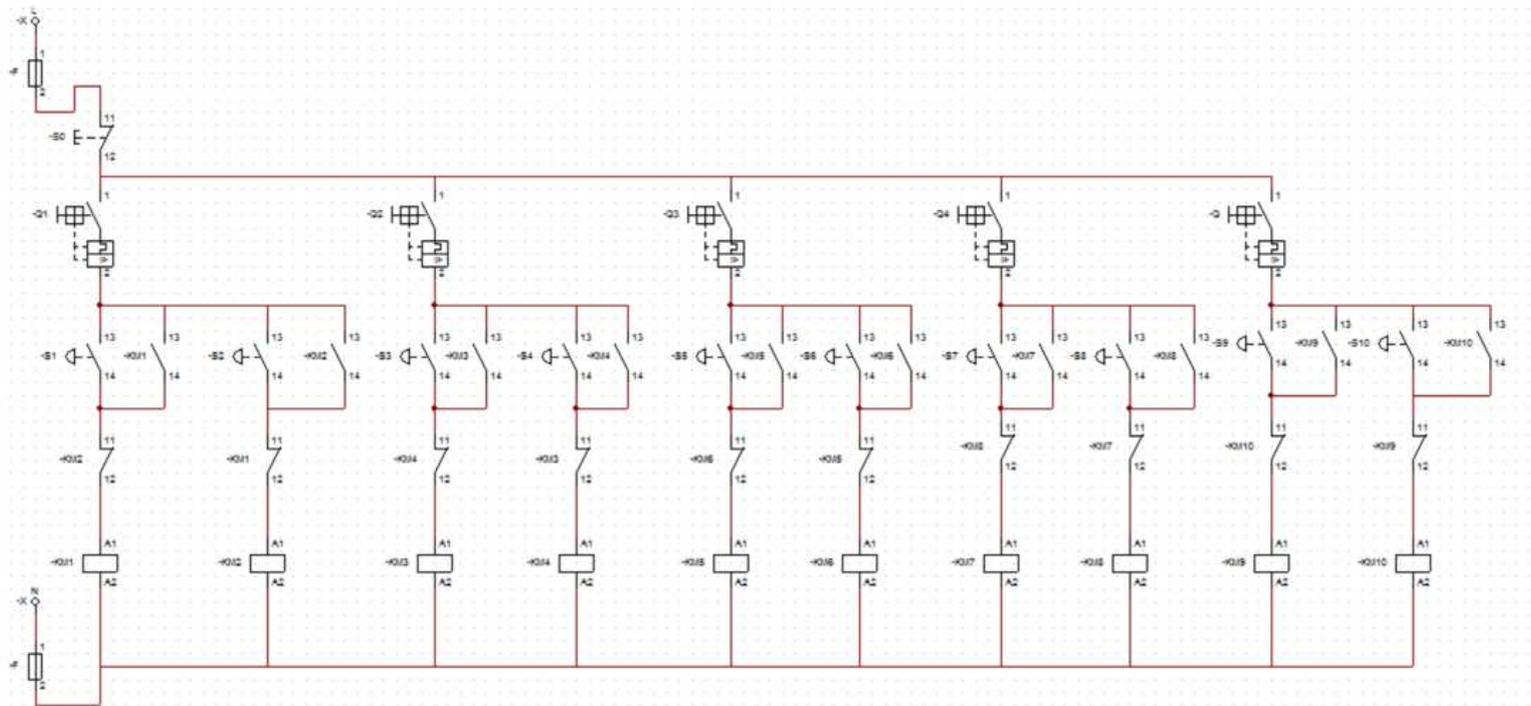
## BIBLIOGRAFÍA

- Asociacion de corrugadores del caribe, centro & sudamerica. (2010). IV Fasciculo del manual de elaboración de cartón corrugado . ACCSA.
- Cazárez Ricardo; Benitez Sergio & Díaz Valente . (2009). Instituto Politécnico Nacional . Obtenido de <http://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/7543/ACTUALMAQUINA.pdf?sequence=1>
- Chacón, Alfredo; Ramos, Alberto & Ruiz, Alexander. (2012). Sistema semiautomático de control para procesos de corrugado. Revista vision electronica, 113-125.
- Dominguez, M. (2005). PRINCIPIOS FISICOS DEL FUNCIONAMIENTO DE UN MOTOR ELECTRICO DESCRIPCION BASICA.
- Espinosa, D. (2009). Universidad Simon Bolivar . Obtenido de <http://159.90.80.55/tesis/000145273.pdf>
- García, Jose; Quintanilla, Nelson; Gorostiaga, Jesus & Moreno, Rodrigo. (2011). RICARCOR. Obtenido de <http://www.redcarton-cyted.udb.edu.sv/documentos/publicacion7.pdf>
- Lorenzo, G. (2009). Universidad de Alicante . Obtenido de <https://rua.ua.es/dspace/handle/10045/10056>
- Mancilla, C. (2015). Advierten graves riesgos ambientales por expansión forestal. diario U chile.
- Martín, F. (2010). Universidad de oviedo. Obtenido de <http://isa.uniovi.es/docencia/IngdeAutom/transparencias/Sistemas%20Automatizados.pdf>
- Roman, A. (2010). Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. Obtenido de [http://www.avid-romangonzalez.com/Teaching/AUTOMATIZACION\\_INDUSTRIAL.pdf](http://www.avid-romangonzalez.com/Teaching/AUTOMATIZACION_INDUSTRIAL.pdf)
- Ruedas, C. (2008). Automatización industrial: áreas de aplicación para ingeniería . Revista Virtual Pro.

- Ruiz, F. (2011). Universidad de buenos aires. Obtenido de <http://materias.fi.uba.ar/7566/Automatizacion.pdf>
- SIEMENS. (2014). Catalogo productos SIEMENS.
- Torres, G. (2005). Cronica del Corrugado. Obtenido de <http://www.cronicadelcorrugado.com/256/automatizacion-corrugado/>
- Universidad de Andalucia. (2009). Simbolos electricos y electronicos. Andalucia.
- Veintimilla, Stalyn & Mármol, Marlon. (Junio de 2005). Escuela Politécnica Nacional. Obtenido de [bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/11672/1/T2393.pdf](http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/11672/1/T2393.pdf)
- Vildosola, E. (2011). Soltex chile s.a. Obtenido de <http://www.aie.cl/files/file/comites/ca/abc/actuadores.pdf>
- Zalba, R. (2014). Consultoría y educacion ambiental. Obtenido de <http://ceambientalblog.blogspot.com/2014/04/reciclas-el-papel.html>

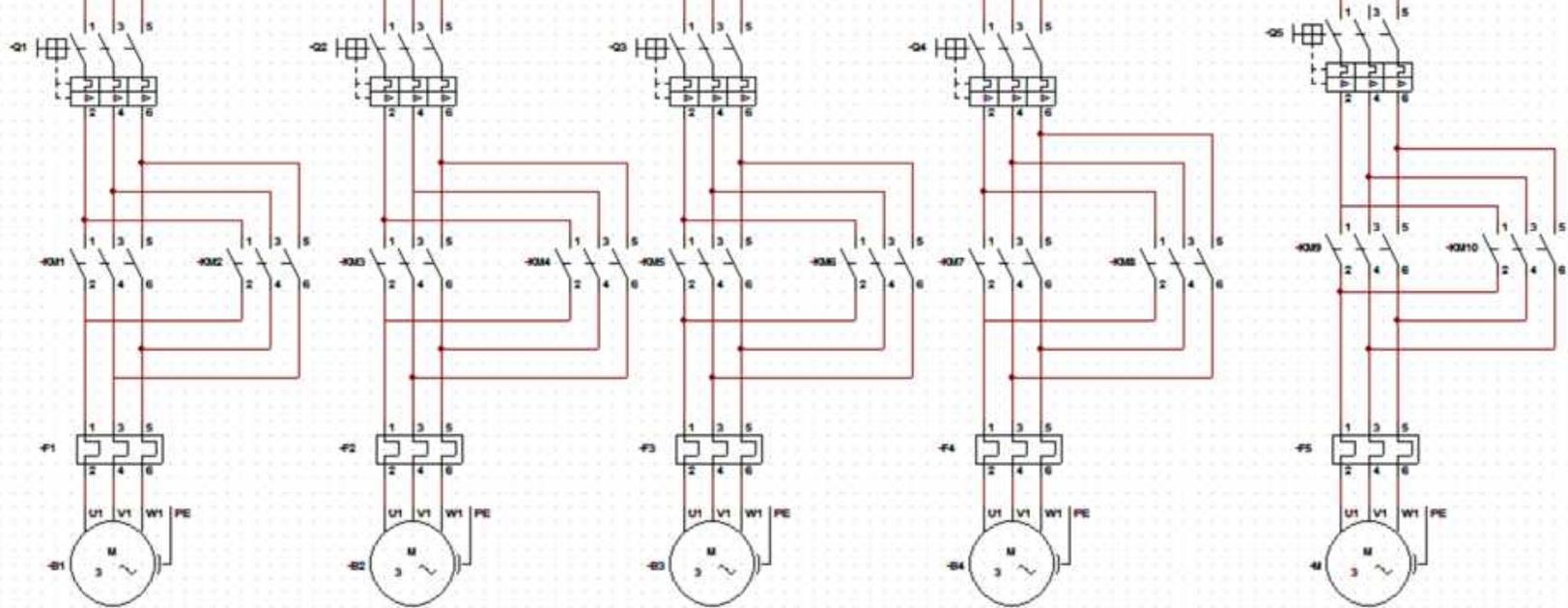
## **ANEXOS**

## ANEXO A – DIAGRAMA DE CONTROL Y FUERZA EN LA UNIDAD DE LOS BRAZOS ELEVADORES



	Fecha	Nombre	Firmas	Entidad	Título	Fecha:	Núm:
Dibujado		GERMAN MORENO		GRUPASA S.A	DIAGRAMA DE CONTROL MONTAROLLO	21-Aug-2017	1 de 1
Comprobado						Archivo:	Diagramacontrolbrazoselevadores

220 VAC 50 HZ



	Fecha	Nombre	Firmas	Entidad	Título	Fecha	Núm.
Dibujado		GERMAN MORENO		GRUPASA S.A	DIAGRAMA DE FUERZA	21-08-2017	
Comprobado						Archivo:	

## ANEXO B – HOJA DE DATOS DEL PLC

### SIMATIC S7-300 Descripción

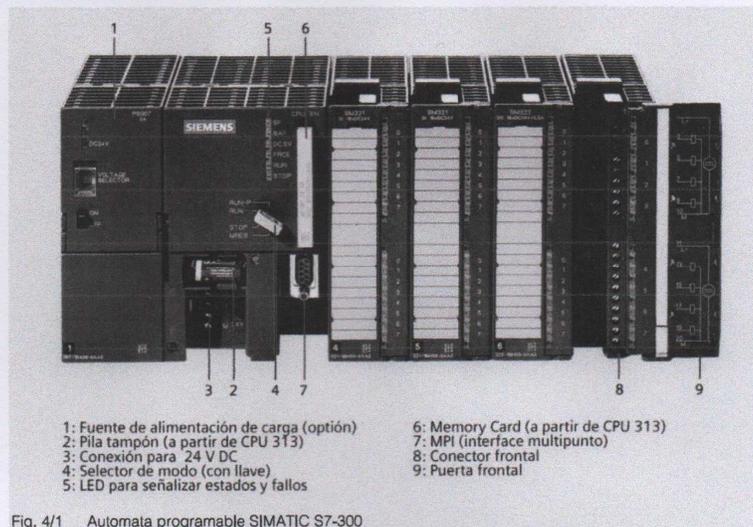


Fig. 4/1 Automata programable SIMATIC S7-300

#### SIMATIC S7-300

- El sistema de miniautomatas modulares para las gamas baja y media
- Con un amplio abanico de módulos para una adaptación óptima a la tarea de automatización en particular
- De aplicación flexible gracias a la posibilidad de realizar estructuras descentralizadas e interconexiones por red
- Cómodo de aplicar gracias a su facilidad de uso y a su instalación simple y sin necesidad de ventilación
- Ampliable sin problemas en el caso de que aumenten las tareas
- Potente gracias a la gran cantidad de funciones integradas

#### SIMATIC S7-300F

- PLC seguridad positiva para instalaciones en la industria manufacturera con elevadas exigencias de seguridad
- Cumple los requisitos de seguridad hasta SIL 3 según IEC 61508, AK6 según DIN V 19250 y catálogo 4 según EN 954-1
- Basado en el S7-300 con módulos de seguridad positiva
- En el PLC se pueden usar también módulos estándar para las aplicaciones que no exigen seguridad positiva

#### SIMATIC S7-300 SIPLUS®

- El autómata para trabajar en las más duras condiciones ambientales
- Con rango de temperatura ampliado de -25 a +60 °C
- Admite condensación esporádica de corta duración y mayor sollicitación mecánica
- Con la probada tecnología PLC del S7-300
- Confortable en el manejo, la programación, el mantenimiento y el servicio técnico
- Ideal para sectores como la fabricación de vehículos, el medio ambiente, la minería, industrias químicas, sistemas de transporte de mercancías, industria alimenticia, etc.
- Sustituye a las caras soluciones específicas

## SIMATIC S7-300 Introducción

### Datos técnicos

Datos técnicos generales S7-300, S7-300F	
Grado de protección	IP 20 según IEC 529
Temperatura ambiente	
• con instalación horizontal	0 a 60 °C
• con instalación vertical	0 a 40 °C
Humedad relativa del aire	5 a 95%, sin condensación (RH grado de severidad 2 según IEC 1131-2)
Presión atmosférica	795 a 1080 hPa
Aislamiento	
• circuitos 24 V DC	tensión de prueba 500 V DC
• circuitos 230 V AC	tensión de prueba 1460 V AC
Compatibilidad electromagnética	requerimientos de las Directivas CEM; inmunidad a interferencias EN 50082-2, prueba según: IEC 801-2, ENV 50140, IEC 801-4, ENV 50141, IEC 801-5; Emisión de interferencias conforme a EN 50081-2, prueba según EN 55011, clase A, grupo 1
Solicitaciones mecánicas	
• vibraciones ensayadas según/con	IEC 68, parte 2-6/10 a 58 Hz; amplitud constante 0,075 mm; 58 a 150 Hz; aceleración constante 1 g; duración vibraciones: 10 barridos de frecuencia por eje en dirección a cada uno de los tres ejes perpendiculares entre sí
• choques ensayados según/con	IEC 68, parte 2-27/onda semisenoidal; intensidad del choque 15 g (valor cresta), duración 11 ms

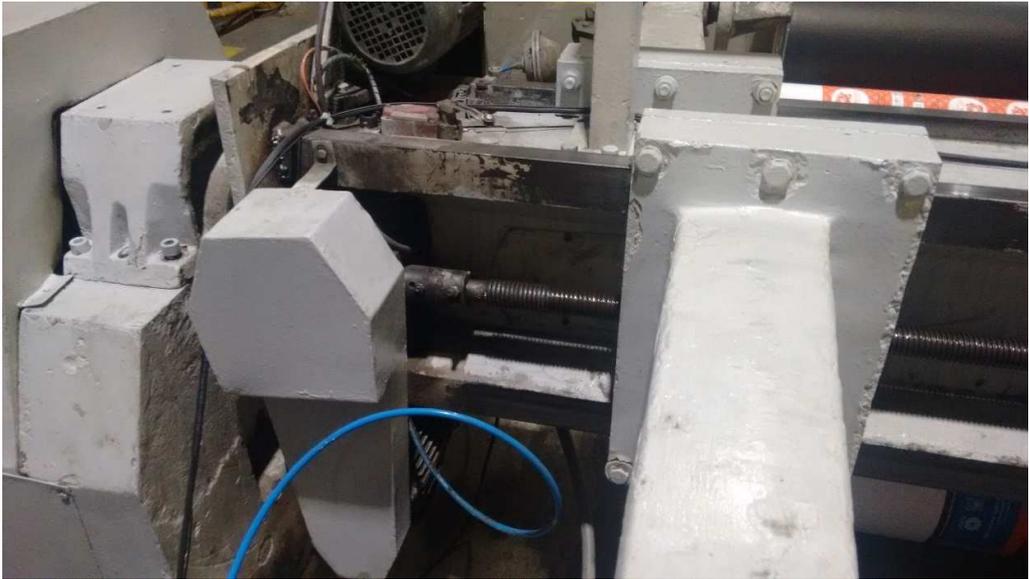
### Datos técnicos generales S7-300 SIPLUS

Condiciones ambientales climáticas	
Temperatura	Montaje horizontal: -25 °C a 60 °C (70 °C en fase de preparación) Montaje vertical: -25 °C a 40 °C
Humedad relativa del aire	5 a 95 %; Se admite una condensación de corta duración, equivalente a una humedad relativa del aire (RH-) grado de severidad 2 según IEC 1131-2 y IEC 721 3-3 cl. 3K5
Formación breve de hielo	-25 °C a 0 °C IEC 721 3-3 cl. 3K5
Presión atmosférica	1080 a 795 hPa equivale a una altura de -1000 a 2000 m
Concentración de sustancias tóxicas	SO <sub>2</sub> : < 0,5 ppm; humedad relativa del aire <60% Prueba: 10 ppm, 4 días H <sub>2</sub> S: < 0,1 ppm; humedad relativa del aire <60% Prueba: 1 ppm, 4 días (según IEC 721 3-3; clase 3C3)
Condiciones ambientales mecánicas	
Vibraciones	Tipo de vibraciones: barridos de frecuencia con una velocidad de cambio de 1 octava/minuto. 2 Hz ≤ f ≤ 9 Hz, amplitud const. 3,0 mm 9 Hz ≤ f ≤ 150 Hz, aceleración constante 1 g Duración de la vibración: 10 barridos de frecuencia por eje en los tres ejes perpendiculares; ensayos de vibraciones según IEC 68 parte 2-6 (seno) e IEC 721 3-3, clase 3M4
Choques	Tipo de choque: semisenoidal intensidad del choque: 15 g de valor de cresta. 11 ms de duración Sentido de choque: 3 choques en sentido +/- respectivamente, en los tres ejes perpendiculares Ensayo de choque según IEC 68 parte 2-27

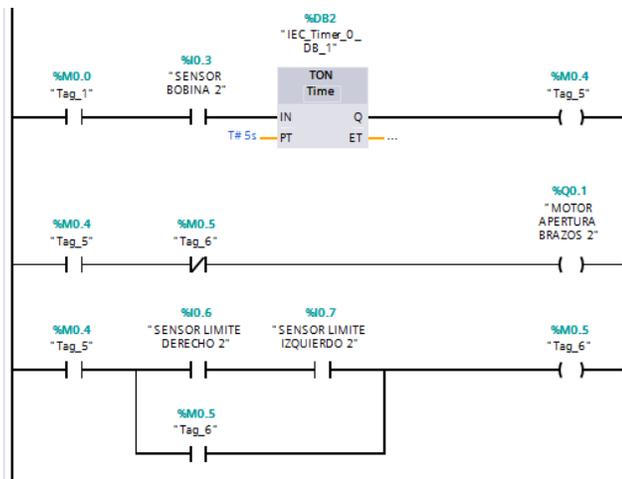
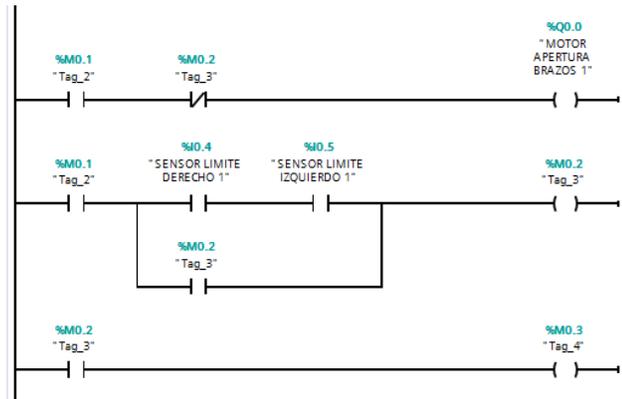
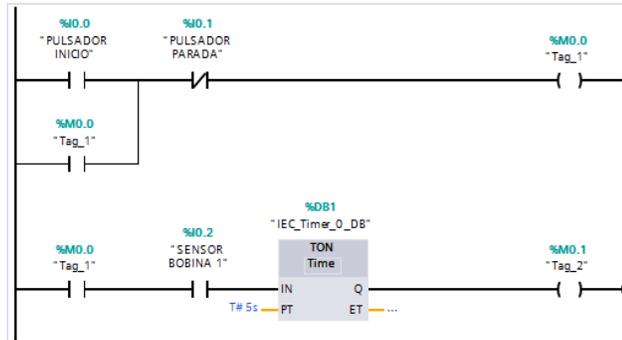
**ANEXO C- LUGAR DEL MONTAJE DE LOS SENSORES EN LOS BRAZOS  
ELEVADORES**

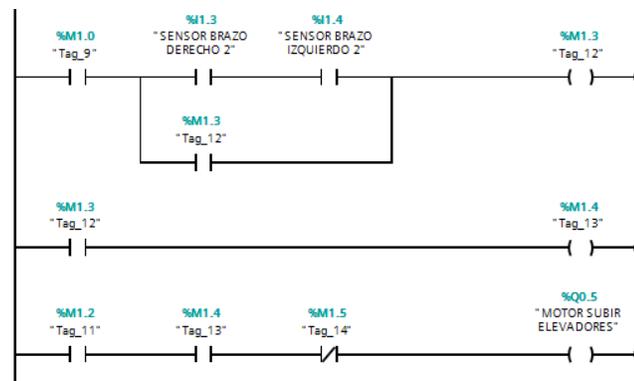
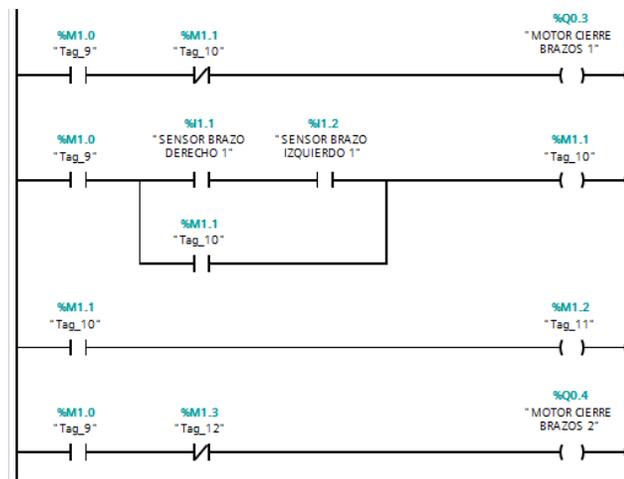
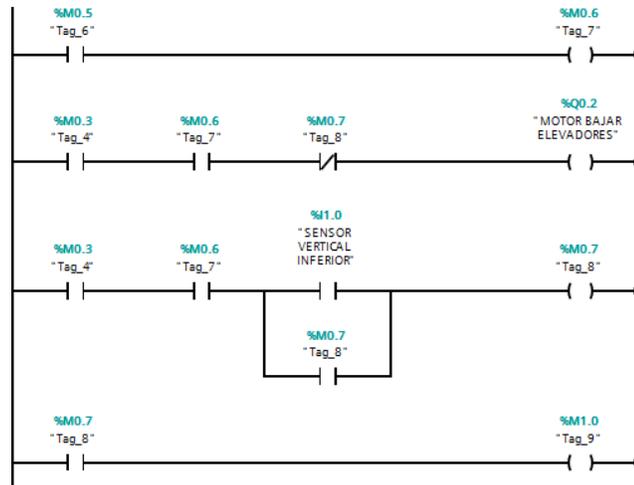


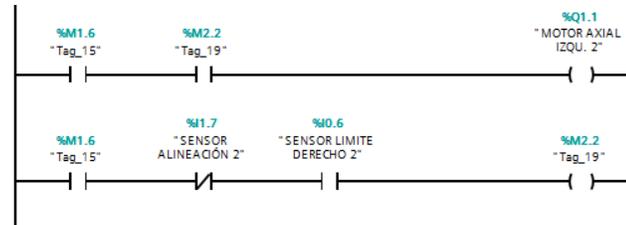
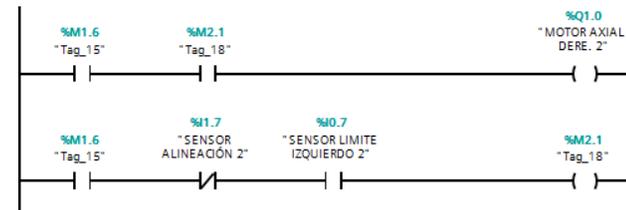
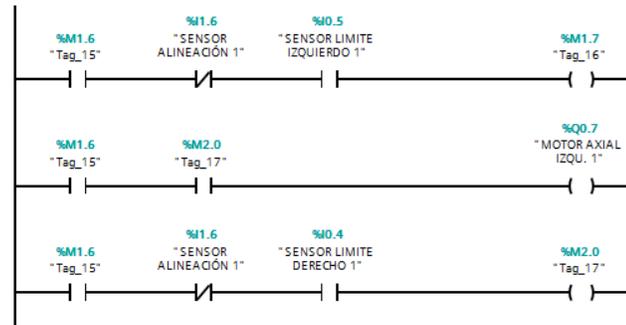
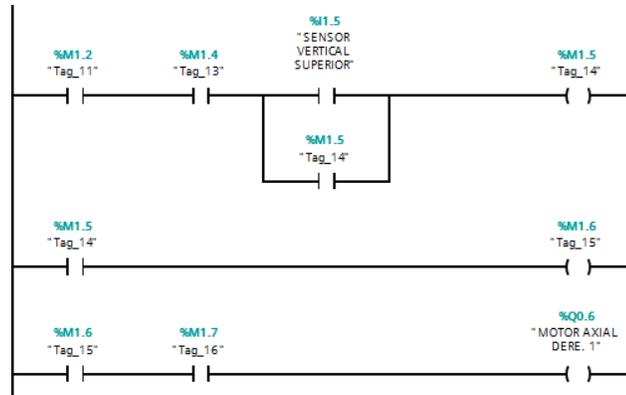




## ANEXO D- PROGRAMACIÓN COMPLETA PLC









## DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **MORENO JARAMILLO, GERMAN DANIEL** con C.C: # 0931339188 autor del trabajo de titulación: **ANÁLISIS Y PROPUESTA DE UN SISTEMA DE CONTROL SEMIAUTOMÁTICO PARA LA MÁQUINA MICRO-CORRUGADORA DE LA EMPRESA GRUPASA S.A** previo a la obtención del título de **INGENIERO ELECTRÓNICO EN CONTROL Y AUTOMATISMO** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 14 de septiembre de 2017

f. \_\_\_\_\_

Moreno Jaramillo, German Daniel

C.C: 0931339188



<b>REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA</b>			
<b>FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN</b>			
<b>TÍTULO Y SUBTÍTULO:</b>	Análisis y propuesta de un sistema de control semiautomático para la maquina micro-corrugadora de la empresa GRUPASA S.A		
<b>AUTOR</b>	German Daniel Moreno Jaramillo		
<b>REVISOR(ES)/TUTOR(ES)</b>	Ing. Luis Orlando Philco Asqui, M. Sc.		
<b>INSTITUCIÓN:</b>	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
<b>FACULTAD:</b>	Facultad de Educación Técnica Para el Desarrollo		
<b>CARRERA:</b>	Ingeniería Electrónica en Control y Automatismo		
<b>TITULO OBTENIDO:</b>	Ingeniero Electrónico en Control y Automatismo		
<b>FECHA DE PUBLICACIÓN:</b>	14 de septiembre del 2017	<b>No. DE PÁGINAS:</b>	82
<b>ÁREAS TEMÁTICAS:</b>	Electrónica y automatización industrial, Análisis de sistemas de control		
<b>PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:</b>	MAQUINA MICRO-CORRUGADORA, BRAZOS ELEVADORES, SINGLE FACER, SISTEMA DE CONTROL, SENSORES, PLC, ACTUADORES		
<b>RESUMEN/ABSTRACT</b> (150-250 palabras):			
<p>El presente trabajo de titulación hace referencia sobre el análisis y propuesta de un control semiautomático en la maquina micro-corrugadora de papel de la empresa GRUPASA S.A (Grupo papelesa), localizada en la ciudad de Guayaquil Km 11.5 vía Daule, parque industrial "El Sauce". Para la elaboración de este proyecto se analizó las tres unidades principales de la máquina que está conformada por: los brazos elevadores de bobinas, unidad single facer y la unidad de corte; Donde se levantó información, recolecto datos e investigando de los equipos que conforman el proceso de cartón micro-corrugado. Donde se propone optimizar y controlar el proceso de montaje y alineación de los rollos o bobinas de papel en la unidad de los brazos elevadores, a través de sensores, controlador lógico programable PLC y actuadores, se elaboró la programación y simulación donde se puede verificar el comportamiento de las salidas con sus respectivas entradas del proceso propuesto, utilizando como base la estructura mecánica ya existente en la máquina. Esta propuesta cumple con los estándares de fabricación, pretende reducir los tiempos muertos de producción, se concluye que la implementación debe realizarse lo antes posible y quedan sujetas para futuras mejoras en la línea de producción de cartón micro-corrugado de la empresa.</p>			
<b>ADJUNTO PDF:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
<b>CONTACTO CON AUTOR:</b>	<b>Teléfono:</b> +593-99-388-5760	<b>E-mail:</b> gmorenorejaramillo@gmail.com	
<b>CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN COORDINADOR DEL PROCESO UTE)::</b>	<b>Nombre: Córdova Rivadeneira, Luis Silvio</b>		
	<b>Teléfono:</b> 0992305262		
	<b>E-mail:</b> Luis.cordova@cu.ucsg.edu.ec		
<b>SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA</b>			
<b>Nº. DE REGISTRO (en base a datos):</b>			
<b>Nº. DE CLASIFICACIÓN:</b>			
<b>DIRECCIÓN URL (tesis en la web):</b>			