



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

**“DISEÑO Y SIMULACIÓN DEL SISTEMA AUTOMÁTICO DE UNA
MÁQUINA CORTADORA DE BOBINA EN UNA INDUSTRIA
GRÁFICA”**

INFORME DE MATERIA INTEGRADORA

Previo a la obtención del Título de:

**INGENIERO EN ELECTRICIDAD ESPECIALIZACIÓN
ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL**

HUMBERTO ANDRÉS CRIOLLO BOHORQUEZ

GUAYAQUIL – ECUADOR

AÑO: 2016

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar quería agradecer el apoyo recibido por parte de toda mi familia, desde mis padres y hermanos. Mis padres, que siempre han estado apoyándome y a mi lado, desde que empezara a estudiar esta bonita pero dura carrera, y que siempre me han sabido inyectar moral en mis peores momentos, no solo vividos a causa de mis estudios sino como consecuencia de la vida. A mis hermanos, que por supuesto son los mejores del mundo, por lo menos para mí. A mi esposa por estar a mi lado como un soporte anímico en los momentos difíciles. A los profesores que contribuyeron en mi desarrollo académico. A los amigos que he conocido durante este proceso de mi vida.

Humberto

DEDICATORIA

Este proyecto va dedicado a mi madre quien siempre me ha apoyado para poder llegar a esta instancia de mis estudios, a mi desarrollo personal y profesional.

También a mi esposa e hija quienes han sido mi mayor motivación para no declinar en mis estudios y llegar a ser un ejemplo para ellas.

Humberto

TRIBUNAL DE EVALUACIÓN



Msc. Carolina Godoy

PROFESOR EVALUADOR



Msc. Dennys Cortez

PROFESOR EVALUADOR

DECLARACIÓN EXPRESA

“Yo, Humberto Andrés Criollo Bohórquez, declaro bajo juramento que el trabajo descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo los derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Superior Politécnica Del Litoral según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.”

Humberto Criollo B.

Humberto Criollo Bohórquez

RESUMEN

El presente documento corresponde al informe de trabajo final en el que se detalla el diseño y la simulación del sistema automático de la máquina cortadora de bobinas en una industria gráfica. La empresa objeto de estudio es una industria gráfica, que se dedica a elaborar trabajos de impresión de altísima calidad, cuyos productos van destinados para una gama amplia de clientes dentro del mercado nacional e internacional.

Se determinó que la constitución mecánica de la unidad estaba en condiciones de seguir operando, pero no disponía de un sistema de control capaz de dar la respuesta adecuada al proceso. Por este motivo se realizó el diseño y simulación de un sistema control de la unidad de producción mediante controladores lógicos programables.

A partir de esto se empezaron a determinar las causas, las consecuencias y la posible solución para la problemática detectada, estableciendo que la pérdida de tiempo y el desperdicio de materia prima, en el momento en que se daña una máquina cortadora representa costos extras para la empresa, debido a que posee un sistema de control mecánico tradicional, del cual no se encuentran las piezas fácilmente para repararlo y si aumenta el riesgo entre los operadores porque se hacen más frecuentes los problemas de funcionamiento que puede llegar a ocasionarles graves quemaduras.

El proyecto involucra la recopilación de información básica necesaria para comprender el funcionamiento de éste tipo de maquinaria, así como de los componentes y accesorios que la conforman. De implementarse este proyecto, la inversión será menor a comprar la máquina cortadora nueva, lo que implicaría un ahorro considerable y tiempo a la empresa.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS.....	ii
DEDICATORIA	iii
TRIBUNAL DE EVALUACIÓN	iv
DECLARACIÓN EXPRESA	v
RESUMEN.....	vi
ÍNDICE GENERAL.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
ÍNDICE DE TABLAS	x
CAPÍTULO 1	1
1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.	1
1.1 Planteamiento del problema.	1
1.2 Objetivos generales.....	2
1.3 Objetivos específicos.....	2
1.4 Justificación.	3
CAPÍTULO 2.....	4
2. DATOS TEÓRICOS.	4
2.1 Antecedentes.....	4
2.2 Marco Teórico.....	5
2.2.1 Eje de entrega del material.....	5
2.2.2 Rodillo de la cuchilla	5
2.2.3 Motor jaula de ardilla 25 Hp.....	6
2.2.4 Variador de frecuencia Micromaster 440	7
2.2.5 Servomotor	8

2.2.6 Encoder “captador de posición incremental”	8
2.2.7 Drive	9
2.2.8 Controlador lógico programable PLC	9
2.2.9 Simulador Cade Simu.....	10
2.2.10 Programa logo 8.....	12
CAPÍTULO 3.....	14
3. DESARROLLO DEL PROYECTO.....	14
3.1 Metodología de trabajo.....	14
3.1.1 Descripción del equipo	14
3.1.2 Selección del motor principal.....	15
3.1.3 Selección del variador de frecuencia.....	16
3.1.4 Eje de entrega y rodillo porta cuchilla.....	17
3.2 Procedimiento y puesta en marcha del motor.....	17
3.2.1 Puesta en marcha	17
3.2.2 Control de velocidad.....	19
3.2.3 Configuración de frenado de la máquina.....	20
3.2.4 Configuración del controlador lógico programable	20
3.3 Simulación del Sistema de corte.....	22
3.3.1 Simulación del motor en lazo abierto.....	25
3.3.2 Simulación del motor lazo cerrado	26
CAPÍTULO 4.....	30
4 RESULTADOS.....	30
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	34
BIBLIOGRAFÍA.....	38
ANEXOS I.....	40
ANEXOS II.....	42
ANEXOS III.....	47

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Pantalla principal del software cade_simu	11
Figura 2.2: Pantalla principal del software de LOGO	13
Figura 3.1: Máquina cortadora	15
Figura 3.2: Esquema principal de la máquina cortadora	22
Figura 3.3: Lazo de control cerrado en cascada para controlar la velocidad del motor de inducción y el servo motor	24
Figura 3.4: Simulación del motor en lazo abierto	25
Figura 3.5: Diseño del control del motor en lazo abierto	26
Figura 3.6: Seguridades del diseño	27
Figura 3.7: Señal de arranque para el motor	28
Figura 3.8: Lazo de control del servo motor	29

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: parámetro P0700.....	18
Tabla 2: Conversión a bits.....	22

CAPÍTULO 1

1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.

1.1 Planteamiento del problema.

La máquina llamada “Cortadora Transversal Jagenberg CONVO 14” entrega formatos de pliegos para impresión.

En el proceso de impresión en la industria gráfica el primer sub proceso es el de conversión, las bobinas de papel o cartulinas de diversos gramajes son transformadas a pliegos para la impresión, la medida de estos pliegos son del ancho de la bobina por el largo requerido en sub procesos posteriores.

El problema actual está en la variación del largo del pliego, ya que la máquina que realiza la conversión tiene varios años de servicio, el sistema de corte actual consiste en una caja mecánica que es la encargada de transferir la velocidad del motor principal al rodillo de corte, esta presenta desgastes internos que provocan que las medidas de los pliegos no resulten del tamaño requerido y tengan variaciones, lo que implica adicionar un proceso de refile en el cual se entrega el formato en el tamaño adecuado para la impresión, lo que con lleva a pérdidas de tiempo y disminución de la eficacia.

Por el estado del sistema actual se generan frecuentes mantenimientos correctivos, obteniendo gran cantidad horas de paradas de máquina e improductividad.

1.2 Objetivos generales.

- Diseñar y simular el sistema automático para una máquina cortadora de bobina en una industria gráfica ubicada en el cantón Durán.

1.3 Objetivos específicos.

- Reducir pérdidas económicas por variación en las medidas de los diferentes formatos.
- Optimizar el proceso de la máquina cortadora.
- Reducir procesos posteriores debido a los problemas actuales de la máquina

1.4 Justificación.

Con el diseño de este sistema se pretende brindar a la empresa gráfica en la línea de producción antes mencionada un sistema confiable, versátil, de fácil operación, manejo y ajuste, que le permita realizar cambios de producto en corto tiempo y aisle los problemas generados con el equipo actual, dándole mayor efectividad a la empresa e incrementando la producción y el beneficio económico derivado.

Se tiene registro de los problemas y las paradas de la máquina ocasionados por fallas en el sistema actual en los libros de reporte que se llenan en cada turno, éstas paradas se cuantifican por minutos perdidos durante el turno, el día y el mes, donde en varias ocasiones se ha llegado a la cifra de 2,700 minutos en un sólo mes, equivalentes a perder 1.87 días de producción que equivale a 538,560 tiros de papel por día, de una línea entera que puede producir alrededor de 288,000 tiros de papel por día.

Entonces operación de la unidad de corte de bobina es cuestionada debido a su baja eficiencia, esta se daba por las continuas salidas de producción de las unidades debido a fallas en los sistemas de control. Se determinó que la constitución mecánica de las unidades no estaba en condiciones de seguir operando rentablemente, por lo que se decidió realizar el estudio de mejoramiento de los sistemas de control de las unidades de producción mediante controladores lógicos programables.

Es notable y cuantificable el problema, por estas razones se propone a través del presente proyecto, que se lleve a cabo el diseño y la empresa gráfica pueda obtener la eficiencia esperada de la máquina.

CAPÍTULO 2

2. DATOS TEÓRICOS.

2.1 Antecedentes.

El presente proyecto se lo realizó con la finalidad de resolver el problema detallado anteriormente en una Industria Gráfica fundada en el año 1980; con 36 años de experiencia y con maquinaria con tecnología de punta que permite elaborar trabajos de impresión de altísima calidad, con excelentes tiempos de entrega, a precios altamente competitivos [1]. Están especializados en la impresión litográfica y sus acabados, orientada a elaborar productos de empaque publicitario y gráfico en general [2].

Posee una área de conversión una de las principales líneas de producción, la cual consta con una cortadora de bobina de papel, bandas automatizada para el transporte de las bobinas, distribuidor automático de rollo. En la cortadora de bobina es donde se presenta el problema con el sistema actual para la extracción del residuo o sobrante que es cortado del rollo saliente, provocando una gran pérdida de tiempo y producción, lo que obstaculiza el flujo del producto hacia la máquina impresora.

Este sistema presenta fallas de tipo mecánico principalmente en sus compuertas por la gran cantidad de eslabones y piezas móviles que requieren ajuste, lubricación y mantenimiento constante.

Además, tiene falencias de diseños a nivel mecánico y electrónico, por no poder ser ajustable a las diferentes clases de bobinas de papel, ni permitir adecuadamente el residuo sobre el lugar de extracción, condiciones que provocan atascamientos y daños en los equipos internos de la cortadora.

2.2 Marco Teórico.

La impresión offset es un método de reproducción de documentos e imágenes sobre papel o cartulinas de diferentes gramajes, que consiste en aplicar una tinta generalmente oleosa, sobre una plancha metálica compuesta generalmente de una aleación de aluminio.

Este tipo de máquina trabaja con un factor importante que es la tensión, dicha tensión es controlada por ejes tensores por el cual cruza el trayecto del papel antes de ser cortado.

Para entender mejor el proyecto se pone a consideración la teoría necesaria previa al diseño de la máquina propuesta, gracias a las siguientes materias tenemos el conocimientos teóricos para realizar nuestro proyecto: Maquinaria eléctrica I y II, control automático, automatización industrial I y II, sistema de potencia I y II y laboratorio de sistema de potencia.

Las principales piezas involucradas en el proyecto se detallan a continuación con la finalidad de conocer y manejar los elementos:

2.2.1 Eje de entrega del material

Los ejes superior e inferior de la cortadora son impulsados por un engranaje de precisión. La refrigeración del eje se realiza a través de la circulación automática de aceite lubricante. El engranaje inferior se conecta de forma directa al motor y la máquina no requiere de engranaje intermedio [3].

2.2.2 Rodillo de la cuchilla

Para lograr un rendimiento de corte estable, se emplea rodamientos para la cuchilla transversal [4]. Los ejes superior e inferior de la cuchilla cortan formato de cartón en un ángulo de dos grados. La posición de encaje de la hoja superior e inferior se puede ajustar apretando el tornillo para ajustar el borde de corte. La cuchilla está hecha con aleación de alta calidad, es duradera y puede ser afilada en reiteradas ocasiones [5].

2.2.3 Motor jaula de ardilla 25 Hp

A este tipo de motores se les denomina motores de inducción debido a que su funcionamiento se basa en la interacción de campos magnéticos producidos por corrientes eléctricas [6].

Este tipo de motores del que hace referencias este enunciado, las corrientes que circulan por el rotor son producidas por el fenómeno de inducción electromagnética, conocido comúnmente como ley de Faraday, que establece que si una espira es atravesada por un campo magnético variable en el tiempo se establece entre sus extremos una diferencia de potencial dado por la ecuación 2.1:

$$e = -\frac{d\phi}{dt} \quad (2.1)$$

e = diferencia de potencial inducida en la espira en voltios

ϕ = flujo que corta a la espira en Weber

t = tiempo en segundos [7]

Los conductores del rotor están igualmente distribuidos por la periferia del rotor. Los extremos de estos conductores están cortocircuitados, por tanto no hay posibilidad de conexión del devanado del rotor con el exterior. La posición inclinada de las ranuras mejora las propiedades de arranque y disminuye los ruidos.

La velocidad de este tipo de motores se puede cambiar en forma proporcional a la variación de la frecuencia e inversamente proporcional a los cambios de los números de polos. La frecuencia se puede variar mediante aparatos eléctricos especiales, en cambio al número de polos se lo hace cambiando las conexiones de los bobinados [8].

2.2.4 Variador de frecuencia Micromaster 440

La serie MICROMASTER 440 es una gama de convertidores de frecuencia (también denominados variadores) para modificar la velocidad de motores trifásicos. Los distintos modelos disponibles abarcan un rango de potencias desde 120 W para entrada monofásica hasta 75 kW con entrada trifásica [9].

Los convertidores están controlados por microprocesador y utilizan tecnología IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) de última generación. Esto los hace fiables y versátiles. Un método especial de modulación por ancho de impulsos con frecuencias de pulsación seleccionable permite un funcionamiento silencioso del motor. Extensas funciones de protección ofrecen una protección excelente tanto del convertidor como del motor.

El MICROMASTER 440, con sus ajustes por defecto realizado en fábrica, es ideal para una gran gama de aplicaciones sencillas de control de motores. También puede utilizarse para aplicaciones más avanzadas de control de motores haciendo uso de su funcionalidad al completo [10].

Los variadores de frecuencia están compuestos por diferentes etapas y estas son:

- Etapa Rectificadora: Convierte la tensión alterna en continua mediante rectificadores de diodos, tiristores, etc.
- Etapa intermedia: Filtro para suavizar la tensión rectificada y reducir la emisión de armónicos.
- Inversor o "Inverter": Convierte la tensión continua en otra de tensión y frecuencia variable mediante la generación de pulsos. Actualmente se emplean IGBT's (transistor bipolar de puerta aislada) para generar los pulsos controlados de tensión.

Los equipos más modernos utilizan IGBT's inteligentes que incorporan un microprocesador con todas las protecciones por sobre corriente, sobretensión, baja tensión, cortocircuitos, puesta a masa del motor, sobre temperaturas, etc.

Las señales de control para arranque, parada y variación de velocidad (potenciómetro o señales externas de referencia) estén aisladas galvánicamente para evitar daños en sensores o controles y evitar ruidos en la etapa de control [11].

2.2.5 Servomotor

Es pertinente explicar entonces que un servomotor; en su definición más básica, es un motor que puede ser controlado en su velocidad de funcionamiento y en la posición dentro de un rango de operación para ejecutar la actividad requerida [8]. Este control es realizado mediante un dispositivo llamado encoder, que mediante una señal electrónicamente codifica, indica las acciones de velocidad y movimiento a ejecutar [12].

El servomotor es instalado en un equipo o máquina, para permitir que esta tenga control de la posición, dirección y velocidad de una carga o herramienta, mediante su utilización.

El sistema servo se comunica mediante pulsos eléctricos a través de un circuito de control para determinar el ángulo de posición del motor [13].

2.2.6 Encoder “captador de posición incremental”

Otro de los dispositivos consistió en un mecanismo que permita definir la posición del ciclo de la máquina en el proceso. Para ello es necesario un encoder incremental [14].

El principio de funcionamiento de los captadores de posición incremental está en la utilización de un encoder, que consiste en un transductor rotativo que transforma un movimiento angular en una serie de impulsos digitales [15].

El encoder incremental, por lo general, proporciona dos ondas cuadradas y desfasadas en 90° eléctricos. Una de las señales proporciona la señal correspondiente a la velocidad de rotación y sirve de información para una entrada rápida del PLC [16].

2.2.7 Drive

El controlador entrega el comando al servo sobre la posición, velocidad o torque, o bien una combinación de las tres variables que se requiere, funciona a base de semiconductores controlados, también monitorea las variables y protege al motor. Este dispositivo transforma completamente la señal de salida y la conmutación de los semiconductores se hace de forma permanente [17].

2.2.8 Controlador lógico programable PLC

El P.L.C. (Controlador Lógico Programable). Significa Controlador Lógico Programable. Un PLC es un dispositivo usado para controlar [18].

Para la debida selección de un PLC es necesario considerar la memoria requerida, tipos y cantidades de entrada y salida, funciones a emplearse, y el medio de comunicación [19].

La gama S7-200 comprende diversos sistemas de automatización pequeños (Micro-PLCs) que se pueden utilizar para numerosas tareas.

El S7-200 vigila las entradas y cambia el estado de las salidas conforme al programa de usuario que puede incluir operaciones de lógica booleana, operaciones con contadores y temporizadores, operaciones aritméticas complejas, así como comunicación con otros aparatos inteligentes. Gracias a su diseño compacto, su configuración flexible y su amplio juego de operaciones, el S7-200 es especialmente apropiado para solucionar numerosas tareas de automatización [20].

Un PLC está formado por las siguientes etapas:

- **Bloque de Entradas:** En él se reciben las señales que proceden de los sensores, estas son adaptadas y codificadas de forma tal que sean comprendidas por la CPU. También tiene como misión proteger los circuitos electrónicos internos del PLC, realizando una separación eléctrica entre éstos y los sensores.

- Bloque de Salidas: Trabaja de forma inversa al anterior. Interpreta las órdenes de la CPU, las descodifica y las amplifica para enviarlas a los actuadores.
- Unidad Central de Procesamiento (CPU): En ella reside la inteligencia del sistema. En función de las instrucciones del usuario (programa) y los valores de las entradas, activa las salidas.
- Fuente de Alimentación: Su misión es adaptar la tensión de red a los valores necesarios para los dispositivos electrónicos internos (generalmente 24Vcc y 5Vcc).

2.2.9 Simulador Cade Simu

El simulador CaDe_SIMU es gratuito y sin licencia lo puede descargar fácilmente buscando en el navegador de internet. Es un pequeño y sencillo programa pero excelente para la simulación de control de motores. Nos ofrece la oportunidad de realizar nuestro diagrama de Fuerza y control y realizar pruebas piloto [21].

CaDe_SIMU es un programa de CAD electrotécnico que permite insertar los distintos símbolos organizados en librerías y trazar un esquema eléctrico de una forma fácil y rápida para posteriormente realizar la simulación.

El programa en modo simulación visualiza el estado de cada componente eléctrico cuando está activado al igual que resalta los conductores eléctricos sometidos al paso de una corriente eléctrica.

Por medio del interface CAD el usuario dibuja el esquema de una corriente eléctrica. Por medio de la simulación se puede verificar el correcto funcionamiento. Actualmente se dispone de las siguientes librerías de simulación:

- Alimentaciones tanto de CA como de CC.
- Fusibles y seccionadores.
- Interruptores automáticos, interruptores diferenciales, relé térmico y disyuntores.

- Contactores e interruptores de potencia.
- Motores eléctricos.
- Variadores de velocidad para motores de CA y CC
- Contactos auxiliares u contactos de temporizadores.
- Contactos con accionamiento, pulsadores, setas, interruptores, finales de carrera y contactos de relé térmicos.
- Bobinas, temporizadores, señalizaciones ópticas y acústicas.
- Detectores de cables unipolares y tripolares, mangueras y regletas de conexión.
- Detectores de proximidad y barreras fotoeléctricas.
- Conexión de cables unipolares y tripolares, mangueras y regletas de conexión.
- Entre otros [22].

En la Figura 2.1 se muestra el entorno de trabajo del CaDe_SIMU, aparecen el editor de diagramas, la ventana del área de trabajo donde se realizan los circuitos.

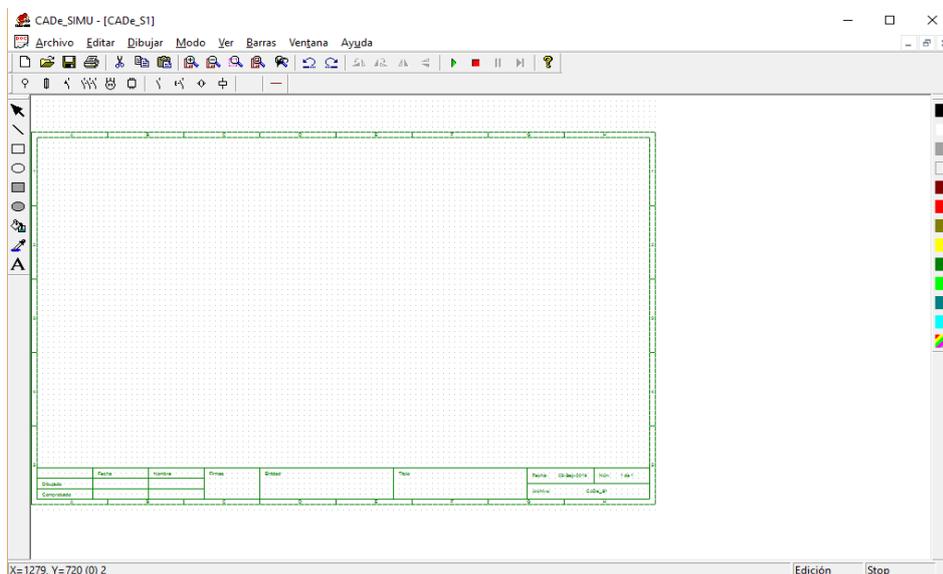


Figura 2.1: Pantalla principal del software CaDe_SIMU

2.2.10 Programa logo 8

Con el programa LOGO!Soft Comfort dispondrá, entre otras, de las siguientes funciones:

- Creación gráfica de su programa offline como diagrama de escalera (esquema de contacto / esquema de corriente) o como diagrama de bloque de funciones (esquema de funciones)
- Simulación del programa en el ordenador
- Generación e impresión de un esquema general del programa
- Almacenamiento de datos del programa en el disco duro o en otro soporte
- Comparación de programas
- Parametrización cómoda de los bloques
- Transferencia del programa

Este programa le permite crear programas de forma eficaz, cómoda, confortable y clara en el PC (“Cableado por pulsación de tecla”). Una vez creado el programa, puede evaluar qué variante de LOGO! se requiere para el programa ya terminado o puede definir con antelación, para qué variante de LOGO! desea crear el programa.

Permite diseñar su programa en el escritorio, a continuación simular el programa en el ordenador y comprueba su funcionamiento antes de ponerlo en marcha. Puede comentar e imprimir el programa y guardar los programas en el sistema de archivos de su PC. De ese modo estarán disponibles directamente para usos posteriores.

En la Figura 2.2 se muestra el entorno de trabajo del LOGO!Soft Comfort V8.0, aparecen el editor de diagramas, la ventana del área de trabajo donde se realizan los circuitos, una ventana donde se muestran los diagramas e instrucciones y en la parte inferior se muestra la ventana de información[23].

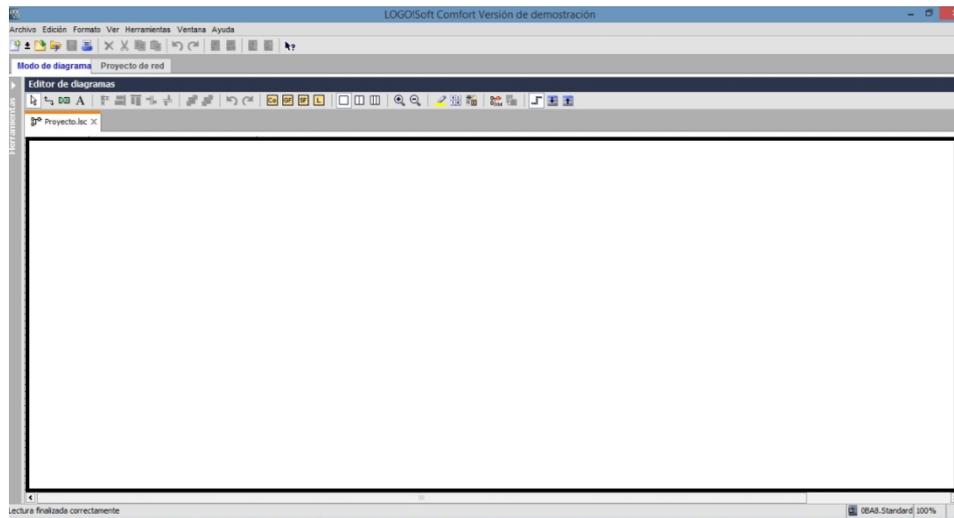


Figura 2.2: Pantalla principal del software de LOGO

CAPÍTULO 3

3. DESARROLLO DEL PROYECTO.

3.1 Metodología de trabajo.

Este capítulo describe el desarrollo del proyecto y se describe las diferentes etapas. En el diseño del sistema se desarrolla la selección y configuración de los elementos, en esta etapa del proceso se implementó el cambio del motor principal este proceso se considera la primera parte del proyecto por ser el primer cambio en la máquina, este proceso se simula en el programa CAdE simu un desarrollador libre para circuitos de control y potencia.

La etapa de simulación es donde se desarrolla la automatización del sistema de corte de la máquina, esta simulación se la realiza en un Demo de Logo 8, en esta etapa se emula las variables que intervienen en el proceso y la respuesta del sistema.

3.1.1 Descripción del equipo

El tipo de máquina que se va a utilizar en este proyecto es de operación simple (figura 3.1), una de las características más importantes de este tipo de máquinas es que se puede usar para todas clases de papeles y cartulinas. El diseño del nuevo sistema permitirá realizar el proceso de corte de las bobinas de forma automática.



Figura 1.1: Máquina cortadora

Características técnicas de trabajo:

- Formato de ancho graduable de las hojas para corte: Mínimo 38cm. Máximo 130cm.
- Formato de largo graduable de las hojas para corte: Mínimo 43cm. Máximo 152cm.
- Gramaje estándar para corte: Mínimo 56gr. Máximo 400gr.
- Porcentaje promedio de desperdicio por tipo de sustrato: Papel bond 4%. Cartulinas 5%. Polietizada 3%. Couchet brillo 5%. Couchet mate 2%.

Velocidad estándar promedio: 11,000 TIROS X HORA

3.1.2 Selección del motor principal

El primer paso para iniciar con el proyecto fue el cambio del motor principal, la máquina estaba equipada con un motor DC marca Baumuller. El motor presentaba problemas en el colector y cableado interno por sus años de trabajo, en varias ocasiones se desacoplo de la máquina y se realizó reparaciones, además de que por años de trabajo del motor se decidió cambiarlo.

En reemplazo se eligió un motor de inducción de 25 HP (horse power), se decidió cambiar a un motor jaula de ardilla porque los motores de inducción son más económicos, requiere menos mantenimiento principalmente elementos mecánicos como rodamientos en comparación con el motor DC en el cual se debe dar mantenimiento al colector y escobillas principalmente, además de los elementos mecánicos como rodamientos.

En un motor DC al aplicar más voltaje obtenemos más RPM (revoluciones por minuto) ósea más velocidad, en un motor de inducción la velocidad depende la frecuencia aplicada a su estator además del número de pares de polo, antiguamente resultaba mucho más sencillo controlar el voltaje que modificar la frecuencia de excitación de un motor. Así durante décadas, los motores de corriente continua se han utilizado en aplicaciones en las que se requería velocidad variable, ya que con motores de alterna, que trabajan a la frecuencia de la red, era necesario la utilización de elementos mecánicos, conos diferenciales, cintas, y transmisiones más o menos compleja toda una fuente de problemas, con la inclusión del variador de frecuencia resulta muy sencillo realizar el control de velocidad de un motor de inducción.

La característica de trabajo de la máquina requiere un control de velocidad, debido a que todos los formatos de salida y diferentes materiales no se trabajan a la misma velocidad. Las características de torque y flujo de carga de la maquina permiten la adaptación del motor de inducción, ya que para mover bandas de arrastre se considera el motor de inducción como la mejor opción.

3.1.3 Selección del variador de frecuencia

El variador de frecuencia es un micromaster 440, el cual cumple con las características requeridas para alimentar al motor de 25Hp. Un variador de fácil puesta en marcha, esta es la principal característica por la cual se escogió este equipo se reduce el tiempo de instalación con un equipo de fácil programación.

Este variador se puede utilizar en aplicaciones donde se encuentre integrado a sistemas de automatización.

Entre las diversas ventajas en el control del proceso proporcionadas por el empleo de este variador esta la operación a distintas velocidades para cada fase del proceso y diferentes productos es decir compensación de variables en procesos variables.

El variador ofrece la opción de control de velocidad tradicional, en el cual se conecta un potenciómetro en las entradas ADC y la salida 10Vdc del variador, adicional se puede programar las entradas digitales 4 y 5 para control de velocidad, esta característica es de una gran beneficio debido a que no se cambió el esquema de control anterior.

3.1.4 Eje de entrega y rodillo porta cuchilla

Estos elementos se encuentran en la máquina, la intervención de ambos está inmersa dentro del proyecto del lado mecánico.

EL eje de entrega funciona con el motor principal y es el encargado de entregar el material para el corte, está conectado al motor por medio de una banda de arrastré, el rodillo de la cuchilla se mueve por medio de una caja reductora la cual es la encargada de las medidas de los formatos de los diferentes materiales, este rodillo se conectaría al servo motor con band y un piñón, y así entregar el mismo resultado que la caja mecánica actual.

3.2 Procedimiento y puesta en marcha del motor.

3.2.1 Puesta en marcha

El esquema para la puesta en marcha de los nuevos elementos es muy similar a la que poseía la máquina, el variador se energiza cuando la máquina es encendida por medio del contactor 1d0 el cual ya formaba parte del circuito.

Primero se ejecutó una puesta en servicio rápida para comprobar que convertidor y el motor trabajen satisfactoriamente,

La puesta en marcha rápida se ejecuta con el parámetro P0010 en el valor de ajuste 1, P0003 en el valor de ajuste 1 y el P3900 en el valor de ajuste 1, esto permite parametrizar los datos de placa del motor.

Se verifica los parámetros P0100 este en el valor de ajuste 1 que indica la frecuencia de uso en nuestro medio (60 Hz) y la potencia en valores de hp, P0304 la tensión nominal del motor 220V, P0305 la corriente nominal del motor, P0307 la potencia nominal del motor, P0310 frecuencia nominal y P0311 velocidad nominal del motor.

Se configuró La frecuencia mínima en 5 Hz en el parámetro P1080 y la frecuencia máxima 80 Hz en el parámetro P1082, el parámetro P0700 en el valor de ajuste 2 y P1000 en el valor de ajuste 2 configurando el control por entrada analógica, se procedió a conectar un potenciómetro de 5 K Ω entre la salida de 10Vdc y las entradas ADC positiva y ADC negativa. Después de hacer girar el motor con la configuración simple se realizó la puesta en servicio según aplicación, el parámetro P0003 se ajustó en el valor 3 y los demás parámetros que ya se configuraron se mantienen.

Con el parámetro P 0700 se determina la interface a través de la cual el convertidor recibirá las consignas y las órdenes de conexión-desconexión. Las interfaces para la fuente de órdenes P0700 se pueden seleccionar de la siguiente Tabla 1.

Valor parámetro	Significado fuente de órdenes
0	Pre ajuste de fábrica
1	1 BOP (panel de mandos)
2	Regletero de bornes
4	USS en conexión BOP
5	USS en conexión COM
6	CB en conexión COM

Tabla 1: Parámetro P0700

Se configuró el parámetro P0700 en el valor de ajuste 1, lo que permite la selección de órdenes de las entradas digitales de los parámetros P0701, P0704 y P0705, para las señales de marcha-paro y de control de velocidad [anexo II].

El contactor K0 verifica que todas las seguridades y las botoneras de emergencia no se encuentren activadas, cumplida esta condición K1 puede enclavarse para alimentar al motor.

La función básica de las botoneras de emergencia es detener el proceso cuando ocurre un imprevisto tal como enredo de material o el operador se encuentre realizando maniobras donde la maquina no debe realizar movimiento alguno.

Los micros de seguridad cumplen una función parecida, asegurando que antes de iniciar el proceso de operación todas las seguridades no estén activadas.

Cuando K1 está enclavado el contactor K2 es el encargado de la señal de puesta en marcha, esta señal llega al pin 5 de control del variador, entrada digital 1 que se configura en el parámetro P0701 como señal de marcha para el variador, el parámetro P0701 deberá ser configurado en el valor ajuste 1, el cual indica señal de marcha o paro.

3.2.2 Control de velocidad

Las botoneras para subir y disminuir la velocidad del anterior motor fueron utilizadas para este nuevo sistema, el motor anterior usaba un motor pequeño el cual rotaba las escobillas por la circunferencia del colector para aumentar o disminuir la velocidad, la misma teoría se aplica al variador se envía señal analógica de 10 VDC del variador por medio de los relays R1 (aumentar velocidad) y R2 (disminuir velocidad), a las entradas digitales 4 y 5 respectivamente.

Estas entradas digitales se configurarán por medio de los parámetros P0704 para la entrada digital 4 y P0705 para la entrada digital 5, se debe asignar un número para determinar la función de la entrada digital, el

parámetro P0704 se coloca en 13, cada vez que recibe una entrada de voltaje este realiza un incremento de frecuencia, el parámetro P0705 se coloca en 14, cada vez que recibe una entrada de voltaje este realiza un decremento de frecuencia.

3.2.3 Configuración de frenado de la máquina

La configuración de las resistencias de frenado es un punto importante en el reemplazo del motor, si estas no son las adecuadas o los parámetros no son configurados correctamente la energía que se produce por esta acción, conllevara al deterioro en el motor.

El Variador nos permite la opción de frenado dinámico, el cual permite una reducción suave y controlada de la velocidad del motor de forma lineal.

Las resistencias se deben colocar de forma horizontal en un lugar con la correcta circulación de aire.

El circuito interno utilizado por el variador de frecuencia para realizar este tipo de frenado se conoce como interruptor “chopper” o troceador y consiste en un conmutador que conecta la tensión del bus de corriente continua a una resistencia en al que la energía generada al momento del frenado es transformada en calor; esta conmutación es automática y se activa al excederse un límite permitido en el bus de CC que depende de la tensión nominal. Una gran ventaja de los Chopper de frenado es que su funcionamiento continúa aunque haya una des energización de CA lo que es de gran utilidad al requerir el frenado de la máquina antes fallos en el suministro de energía.

3.2.4 Configuración del controlador lógico programable

La inclusión del PLC en el proyecto está relacionada con la interacción hombre-máquina, el PLC seleccionado consta del CPU, módulo de entradas-salidas, conexión interfaz para el HMI y entradas analógicas.

Las señales de paro de emergencia, seguridades, marcha, paro, subir velocidad disminuir la velocidad, se ingresan al PLC para que este sea el que realice el comando de los elementos.

Y de esta manera se asignaran las salidas para control de marcha-paro y la de motor listo, esta señal se dirige al variador de las bandas de arrastre y al drive de la cuchilla.

Con una salida digital tipo relé del PLC se controla la partida y parada del variador maestro. En otra se controla la partida y parada del variador esclavo.

En el módulo de salida análogo, el terminal V1 entrega la tensión de referencia de velocidad hacia el drive maestro, el terminal V2 entrega la tensión de referencia de velocidad hacia el variador esclavo. Esta tensión es de 0-10 voltios para el variador y para el drive.

El módulo EM231, tiene cuatro entradas analógicas configurables de 0 a 10 voltios, de 0 a 5 volts y de 0 a 20 miliamperios a 12 Bits. Para este sistema los módulos de entrada y salida digital están configurados de 0 a 10 voltios continuos.

El convertidor analógico digital de expansión usado en conjunto con el PLC Siemens es el módulo EM231 que es capaz de trabajar como convertidor de corriente o de tensión. Este módulo consta de 4 entradas analógicas. El módulo puede trabajar con un rango de +/- 10v, de 0 a 10v y 0 a 5v continuos, también con corriente en el rango de +/- 20mA o de 0 a 20mA.

Los datos digitales entregados por el convertidor A/D van desde -32000 a +32000 bipolares y de 0 a +32000 para unipolares. La resolución del convertidor A/D es de 12 bits. El convertidor entrega un número para cada tensión ingresada, según el rango para el cual se configuró previamente. En este caso, para una conversión a 12 bits con tensiones de entrada entre 0 y 10 Voltios, los valores devueltos por el convertidor van entre 3,200, cuando las revoluciones del motor estaban a 300 RPM y 3,2000, cuando las revoluciones del motor llegan a 3,000 RPM, es decir, cuando el módulo A/D EM231 le ingresa 1 voltios el valor digital es 3,200 y cuando ingresan 10 volts es valor digital es 3,2000.

La tabla 2 corresponde a la relación entre la tensión, las revoluciones y los bits de dato.

Tensión (Volts DC)	Velocidad (RPM)	Dato (12 Bits)
0	0	0
+10	3,000	+3,2000

Tabla 2: Conversión a bits

3.3 Simulación del Sistema de corte.

La segunda parte del proyecto consiste en adecuar un servomotor para que controle el cilindro porta cuchillas, como ya se explicó la graduación de corte se realiza de forma manual lo que ocasiona problemas en los formatos finales.

El esquema se observa en la figura 3.2.

El servo motor estará controlado por un drive, el variador del motor principal será esclavo del drive por medio de un encoder, mientras un PLC será master de ambos, será el encargado de hacer la relación entre el encoder del servo y el encoder del motor principal para obtener la relación de corte del papel, aquí es donde se determina el tamaño del formato que se desea.

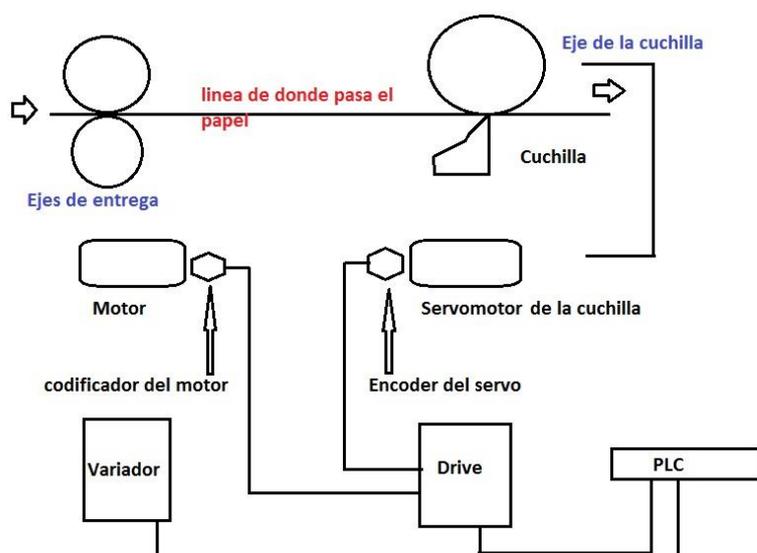


Figura 3.2: Esquema principal de la máquina cortadora

La relación de longitud del material y la velocidad de corte se determinan por el codificador del motor de alimentación (ejes de entrega), este detecta la longitud de alimentación del papel y se envía la señal de pulso al servo por medio del controlador, este es el sincronismo y seguimiento de la velocidad. La longitud de corte de papel se puede cambiar a través modificar la relación de engranaje electrónico en la interfaz hombre-máquina.

La variable a controlar para el sistema es la velocidad del motor de inducción frente al servo motor, para esto se precisan dos lazos de control cerrado en cascada, debido a que se tendría un motor como maestro y el otro como esclavo con el fin de que este último siga la revoluciones del motor maestro y genere el corte en el instante requerido.

En ambientes estándar del proceso, se puede establecer cuál es conjunto motor-carga, que posee la respuesta más lenta en el sistema y de esta manera proceder a especificar el control, que para el proyecto será el servo motor, este se verá obligado a entregar una respuesta al motor principal que sería el motor maestro. Un inconveniente que se puede presentar cuando se ocasionan condiciones inesperadas en las variaciones de cargas en los motores, es que se provocará descoordinaciones entre las velocidades de los sistemas de control de los motores, lo que puede afectar en forma imprevisible al proceso.

Para esto se diseñan 2 controladores PI, en donde el ajuste del Set Point del motor maestro se ajusta a los requerimientos deseados, el segundo Set Point es para el motor esclavo, este se obtiene del sensor de velocidad del motor maestro (encoder), de tal manera que cualquier cambio de velocidad del motor maestro, el motor esclavo siga esa velocidad.

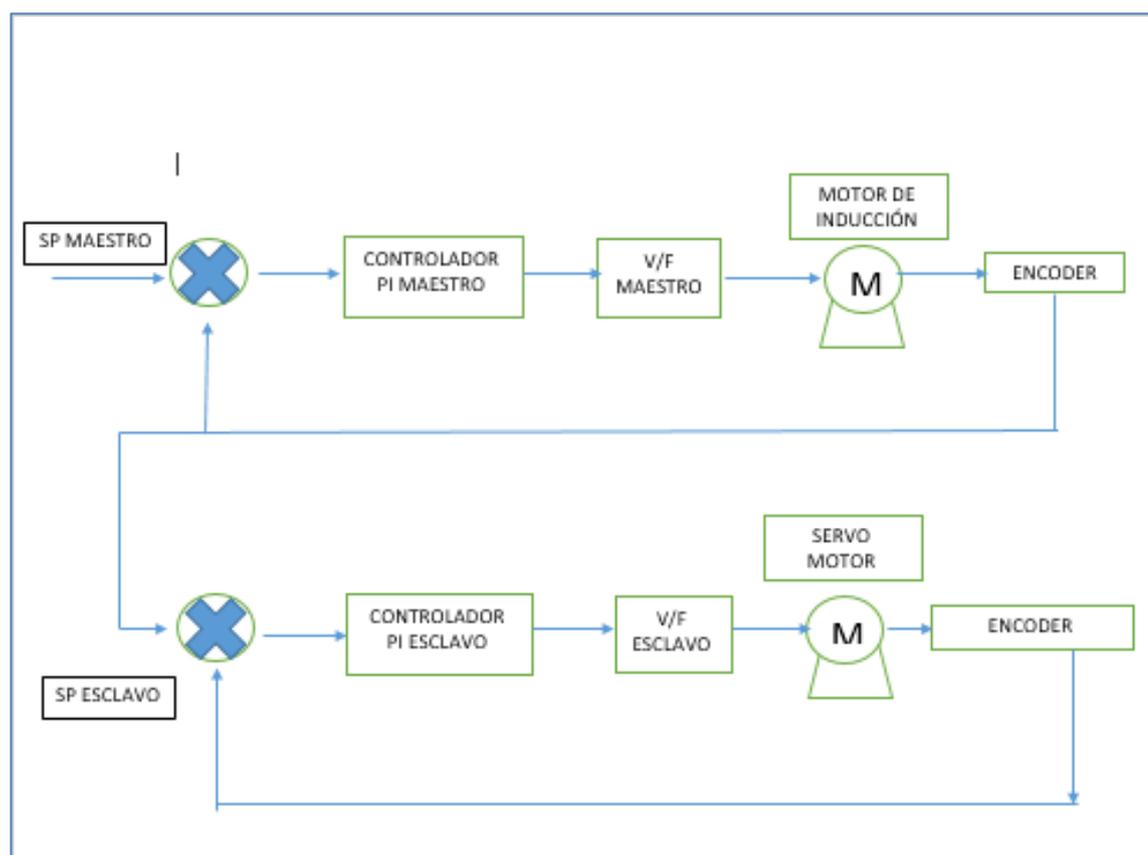


Figura 3.3: Lazo de control cerrado en cascada para controlar la velocidad del motor de inducción y el servo motor

3.3.1 Simulación del motor en lazo abierto

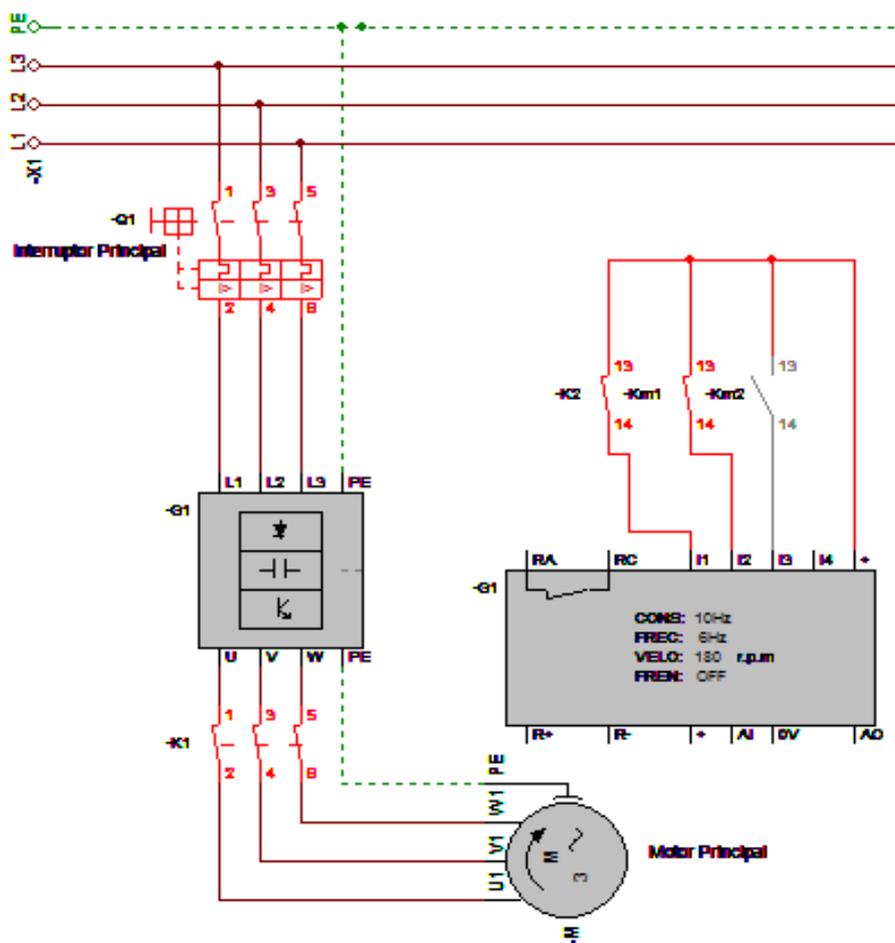


Figura 3.4: Simulación del motor en lazo abierto

En la figura 3.4 se observa el motor y el variador en funcionamiento, el motor está trabajando en lazo abierto.

El diagrama de control se observa en la figura 3.4.3, 2b1 y 2b2 representan las botoneras para aumentar o disminuir la velocidad del motor, de esa manera se controla el motor que está en lazo abierto.

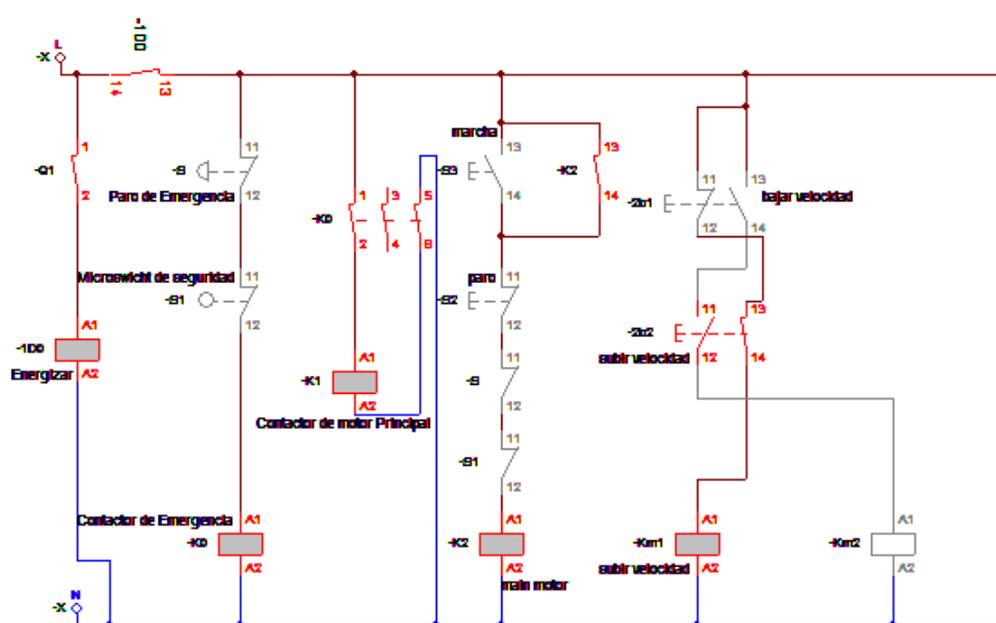


Figura 3.5: Diseño del control del motor en lazo abierto

El contactor 1D0 energiza el sistema, si las seguridades no están activadas K0 se enclava, el pulsador de marcha S3 permite que empiece la simulación del movimiento del motor, el S2 es el que permite parar la máquina de forma paulatina y la desaceleración se efectuó mientras las resistencias de frenado realizan su trabajo.

3.3.2 Simulación del motor lazo cerrado

El sistema de lazo cerrado del motor se desarrolló en el programa de Logo 8, en la figura 3.6 simulamos las seguridades del diseño, Q1 es el contactor de las seguridades. Se puede observar en la parte inferior de la imagen la salida activada en forma de foco encendido, las entradas I1 y I2 son las señales de seguridad.

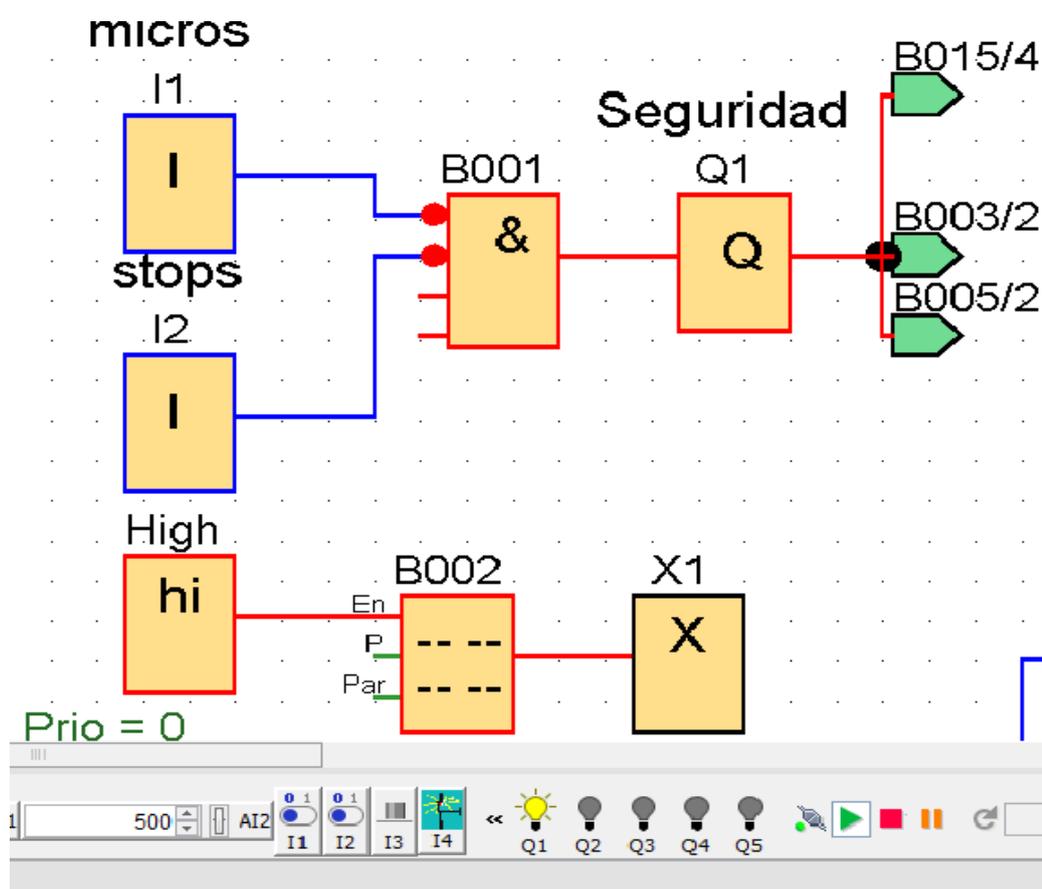


Figura 3.6: Seguridades del diseño

La figura 3.4.5 se observa la salida Q2 la cual representa nuestro motor, en esta figura se observa también el circuito de marcha y paro del sistema, en la parte inferior se observa la salida Q2 en forma de bombillo iluminado. La señal de marcha se configura en la entrada I3 y permite la salida en Q2 si y solo si Q1 es encendida.

En la segunda línea, I4 es la señal de parada la cual desactiva la salida Q2, que también se desactivara si la de Q1 se desactiva.

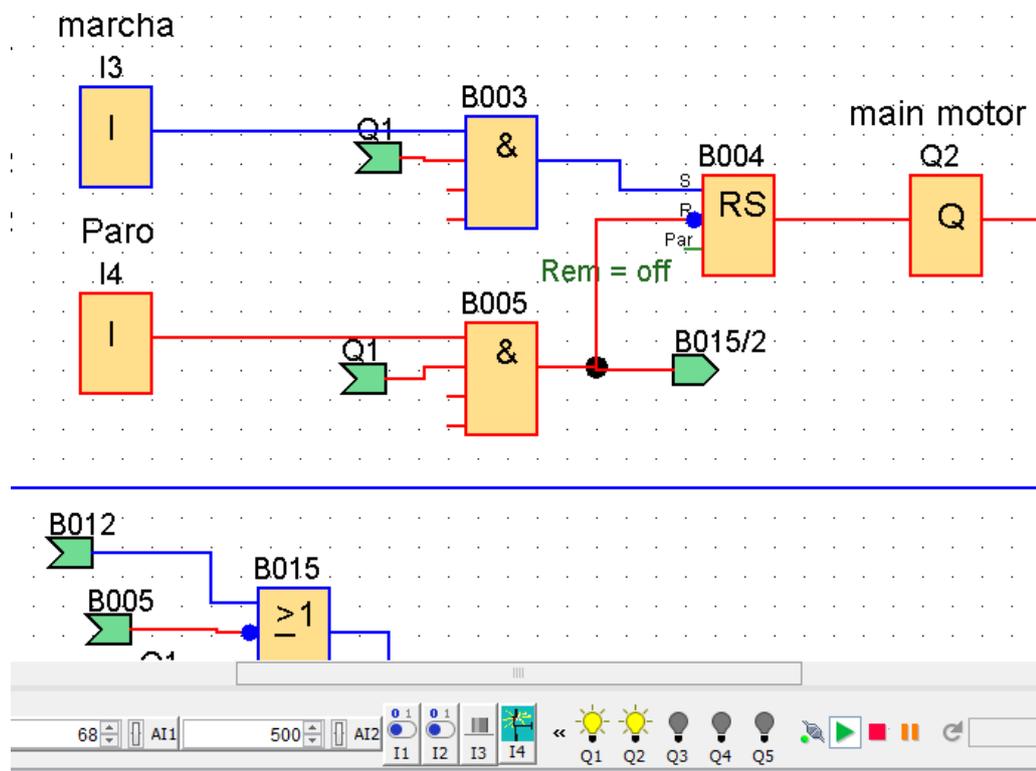


Figura 3.7: Señal de arranque para el motor

En la figura 3.7 se observan las entradas AI1 y AI2, estas entradas analógicas representan la velocidad de la máquina y el tamaño del de material, la entrada de velocidad ingresa a un bloque de PWM junto con una señal de frecuencia que representa la señal giros del motor principal, el tamaño del material ingresa a un bloque de PWM junto con la señal de PWM del motor principal, de esta manera se realiza el lazo cerrado de control, en un número determinado de vueltas del motor principal se tiene un tamaño de material, este valor varia conforme se disminuya o aumente la velocidad.

Las salidas Q3 Y Q4 son indicadores, cuando estas señales coinciden entonces se la da señal de activación al servo motor, representada y configurada en Q5, en número de vueltas del motor principal paso la cantidad de material requerida y se activa el corte.

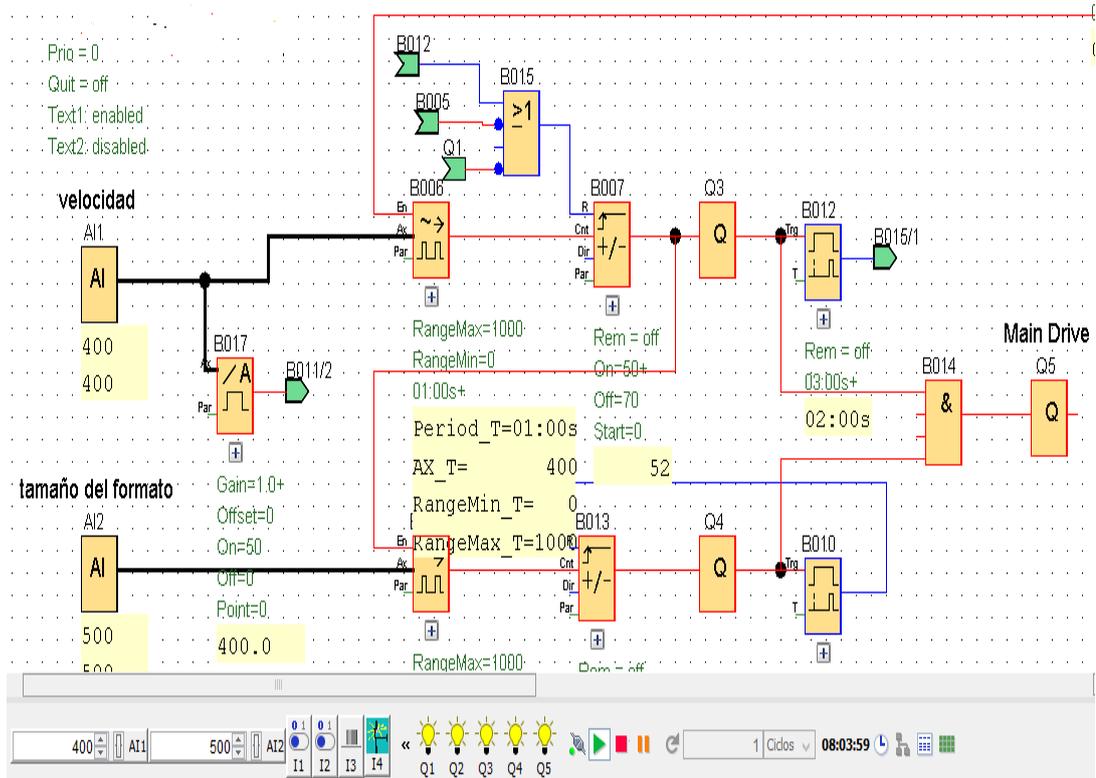


Figura 3.8: Lazo de control del servo motor

CAPÍTULO 4

4 RESULTADOS.

Con el diseño del nuevo sistema de corte automático, la máquina será confiable, versátil, de fácil operación, manejo y ajuste, que le permita realizar cambios de producto en corto tiempo y aisle los problemas generados con el equipo actual, dándole mayor efectividad e incrementando la producción y el beneficio económico derivado.

El tamaño del pliego se encuentra detallado en la orden de producción que la máquina va a procesar, el operador lee esta información, selecciona la bobina de acuerdo a las especificaciones previas, comienza su proceso montando la bobina en la máquina luego escoge una medida promedio a la solicitada en la orden, este proceso lo realiza por medio de la caja reductora, pone en marcha la máquina hasta obtener "x" cantidad de pliegos necesarios y detiene el proceso, con un flexómetro verifica la medida de los pliegos obtenidos para verificar la medida del pliego, si la medida no es la requerida repite el proceso haciendo pequeños movimientos en la caja reductora hasta obtener un tamaño aceptable al solicitado.

Con el nuevo diseño al ingresar la medida al PLC por medio de una de sus entradas analógicas, este realiza el cálculo de la medida y ordenará al servo motor ejecutar el corte, el operador verificará la medida del pliego como en el anterior procedimiento y como máximo repetirá el proceso por una ocasión más.

Esto se debe a que el corte del servo motor tendrá mayor eficiencia en el momento de efectuarse, este trasmite el movimiento a la cuchilla por medio de una banda existiendo una transferencia directa, una respuesta efectiva y rápida, por el contrario la caja reductora, que toma la velocidad del motor principal por medio de varios elementos mecánicos los cuales por su comportamiento generan un error, el cual aumenta en el instante que la caja transfiere la velocidad de corte a la cuchilla por medio de otros elementos mecánicos.

En la selección de la medida del pliego del mecanismo actual interviene en gran parte del proceso la destreza y experiencia del operador para poder ubicar la caja mecánica en la mejor posición dependiendo de la medida requerida, con la automatización del mecanismo se disminuirá el riesgo del error humano, el operador solo deberá ingresar la medida y luego efectuar la comprobación de la misma, la operación de la máquina sería más amigable y nuevos operadores aprenderían el manejo en el caso de ser requerido por la compañía. El riesgo laboral disminuiría al existir menor contacto directo con la maquinaria por la simplificación en las tareas del operador.

Por lo ya expuesto anteriormente se tiene conocimiento de que los sistemas mecánicos generan pequeños errores disminuyendo la precisión y eficiencia, al sumarle a estos puntos el factor del desgaste que sufren las piezas por tiempo de trabajo el error aumenta generando el problema de variación en las medidas de los pliegos, para ser corregido el problema se invierte grandes cantidades de tiempo en mantenimientos preventivos y correctivos, en los cuales se desmontan los sistemas de control mecánicos, se realizan cambios de piezas, por la antigüedad de la máquina ciertas piezas claves para el sistema están discontinuadas, estas se envían a talleres para realizar reparaciones, se desgastan nuevamente haciendo el problema reiterativo, en una parada de máquina inesperada (mantenimiento correctivo), se generan pérdidas de producción, incumplimiento con los clientes, intervención de personal de mantenimiento no programado y reprogramación al personal de producción.

Con la implementación del proyecto los mantenimientos correctivos disminuirán al mínimo posible, debido a que con el nuevo sistema de corte ya no se tendría que corregir las fallas actuales que generan las variaciones en las medidas de los pliegos, la ejecución de los mantenimientos programados resultaría eficiente y eficaz, debido a que los nuevos elementos que conformarían el sistema son de fácil accesibilidad en el mercado actual, a más de contar con las especificaciones de los fabricantes los cuales recomiendan como ejecutar mantenimiento a las distintas piezas usadas.

En las simulaciones realizadas se determinaron los parámetros para obtener la señal de marcha para el servo motor, se comprobó una respuesta eficaz del programa a los cambios de velocidad que se pueden presentar en la máquina, ya que dependiendo del gramaje del material a ser procesado la velocidad de trabajo puede variar, se realizaron varias pruebas cambiando las frecuencias de control.

También en base a las simulaciones se comprueba la respuesta del programa a las distintas medidas de los pliegos que se ingresan al PLC por medio de la entrada analógica, se pudo evidenciar la respuesta del programa a diferentes velocidades y medidas de trabajo, esto determina la efectividad y garantizaría tener cortes exactos.

Se determinaron además los mejores parámetros para tiempos aceleración y desaceleración del motor principal, en el lazo de control del servo motor el actuador responde a la velocidad del motor principal, si los tiempos de aceleración y desaceleración no son los adecuados este podría provocar inconvenientes en el control, las pruebas entregaban como resultado que si se colocaban tiempos muy bajos se producían inestabilidades en el frenado de la máquina y por el otro lado si los tiempos eran muy altos el sistema presentaba una respuesta demasiado lenta.

En base al resultado de las simulaciones de los puntos descritos anteriormente se establece que el problema actual de la variación en la medida de los pliegos se eliminaría, gracias a esto se minimizarían las pérdidas por desperdicio de material lo que genera un beneficio económico de gran utilidad para la compañía.

Las mejoras en los tiempos de producción como resultado de tener un sistema de corte de mayor precisión, en el cual los pliegos obtenidos de la máquina tienen las medidas adecuadas para poder continuar con el proceso de impresión, sin la necesidad de agregar un paso posterior a la conversión de la bobina, donde se emparejan los pliegos a una medida promedio de la solicitada para recién poder pasar a la impresora, la continuidad en los procesos aumenta la eficiencia en la producción.

Al eliminar este subproceso a más de ganar tiempo en la producción, la máquina donde se realiza el subproceso se utilizaría en otros trabajos, incrementado la eficiencia, esto favorece a un flujo de producción positivo y continuo de la empresa en general.

Con el diseño del nuevo sistema de corte para la máquina, tendrán un nuevo tiempo de vida útil los daños del sistema actual podrían ocasionar que deje operar en cualquier momento, los problemas y pérdidas que se generarían para la compañía serían de gran factura, al no poder convertir las bobinas a pliegos las impresoras se quedarían sin materia prima deteniendo así todo el proceso de impresión. El promedio del tiempo de vida de los nuevos elementos que conforman el nuevo sistema es mayor que el del sistema actual, con el mantenimiento apropiado se extenderá, la compañía no deberá preocuparse por quedarse si una máquina de gran importancia para la línea de producción. Las mejoras que se implementarían en la máquina restituirán su valor en el mercado y retardarían su devaluación, esto permite incrementar el patrimonio de la empresa.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

Las variables de velocidad y tamaño son las principales variables para determinar el lazo de control de servo motor, la relación entre ambas interviene directamente en el proceso de control, el codificador del motor principal entrega la información para el primer lazo de control (motor principal), y proporciona la entrada para el segundo lazo de control (servo motor).

La obtención de las ganancias y los tiempos de los controladores se obtuvieron tras varias pruebas realizadas en las simulaciones del programa, teniendo en cuenta que inicialmente se contaba con las variables de velocidad y tamaño esta relación permitió diseñar el controlador PI, esto resultó de mucha utilidad para la correcta sincronización de los controladores.

Un aspecto a considerar en el sistema de control en cascada es que se origina un retardo del controlador maestro en relación al controlador esclavo respecto a la velocidad, ese retardo se ve reflejado en la simulación y es corregido por la señal que determina la longitud del pliego, que interviene en el segundo lazo de control.

Si estos controladores están correctamente dimensionados el sistema podrá responder adecuadamente a variaciones en las cargas, en especial del motor principal que es el que influye directamente en los lazos de control.

Se puede concluir que a partir de la simulación realizada en el programa de Siemens LOGO 8, que el proyecto es funcional y se puede implementar, debido a que se incluyen todas las señales que interviene directamente en el proceso del sistema actual, estas se determinaron de acuerdo a la operación actual de la máquina siendo ingresadas como señales al PLC, para que sea el que con el programa desarrollado determine una respuesta al proceso de corte.

Considerando que el sistema de control será de lazo cerrado una variación en la salida o en otra variable, se mide, y el actuador, modifica la señal de control, para que se estabilice el sistema, ante la nueva situación, lo que se comprueba en la simulación con varios ejercicios realizados.

Al ingresar las variables de velocidad de trabajo de la máquina y el tamaño del pliego requerido tenemos las respuestas desea para el sistema de corte, esto considerando el peor de los escenarios ya que una vez ingresados los datos de operación de la máquina para un determinado trabajo difícilmente estos cambiaran hasta concluido el mismo y se ingrese una nueva orden de trabajo.

Los planos eléctricos quedarán elaborados y detallados para la posible implementación del proyecto, estos se establecerán como anexos al plano eléctrico original de la máquina.

El diseño mecánico se reduce debido q que se eliminan la mayoría de partes mecánicas que integran el sistema actual, los cambios mecánicos son sencillos de ejecutar ya que tanto el motor y el servo transmiten sus movimientos a sus debidas cargas por medio de poleas y bandas. Esto facilita el acoplamiento de los nuevos elementos.

De acuerdo a los conocimientos del control, automatización, y sistemas industriales se obtuvo a un procedimiento de automatización debidamente simulado que evidencia que puede aplicarse en la máquina cortadora de bobinas.

Con el diseño del nuevo sistema, el tiempo de mantenimiento correctivo actual en la máquina disminuirá, ya que con el sistema actual se invierte gran cantidad de tiempo en mantenerlo operativo, este mantenimiento que se realiza luego que ocurre una falla o avería en la máquina por su naturaleza no pueden planificarse en el tiempo, presenta costos por reparación y repuestos no presupuestadas, pues implica el cambio de partes y piezas del equipo.

Al realizar el cambio de las piezas con desgastes y otras que ya no tienen reparación por nuevos elementos de trabajo, la cantidad de tiempo invertida en la máquina por fallas en el sistema de corte se reducirá al mínimo, y requerirá de los tiempos de mantenimiento estándares para los nuevos componentes.

Recomendaciones

Se recomienda realizar un mantenimiento preventivo, el cual comience con la inspección visual, verificando que todos los elementos se encuentren operativos, seguido de una periódica revisión integral; con esto se alarga la vida útil de la máquina y se evita reparaciones que hacen un paro en la producción.

También es factible instalar el tablero de control en un lugar cercano y accesible al operador debido a la necesidad de controlar las diferentes funciones de una manera rápida en caso de emergencia.

Y por último de implementarse este proyecto, la inversión será menor a comprar la máquina cortadora nueva, lo que implicaría un ahorro considerable y tiempo a la empresa.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] AceCo Precision Manufacturing. "Manual de instrucciones para cortadora modelo mg 300-350". EEUU 2002.
- [2]. NOCK. "Maquinas cortadoras con cuchillas circulares". Alemania 1990.
- [3]. D. Ind. Barretto. "Técnicas de indumentaria I". tecnología de la sección de corte.
- [4]. I.E.S. Andrés De Vandelvira. "Motores de corriente alterna". Departamento de sap. Noviembre 2011.
- [5]. Gilberto Enriquez Harper. "El ABC del control de motores eléctricos", año 2000
- [6]. Jesús Fraile Mora. "Máquinas eléctricas". Edit. Servicio de publicaciones del colegio de ingeniero de caminos, canales y puertos.
- [7]. Siemens. "Micromaster 440. 0,12". Instrucciones de servicios. Documento de usuario. Edición 10/06.
- [8]. Carlos Elías Sepúlveda Lozano. "Servomotores". Bogotá, D. C. – Colombia.
- [9]. Frank Ebel, Markus Pany. "Principios básicos de la técnica de accionamiento de servomotores". 10/2011.
- [10]. JUVINALL, R; "Fundamentos de Diseño para Ingeniería Mecánica"; editorial Limusa; México; 1993.
- [11]. West Instruments de México, S. A. "Una guía de referencia y tutoria sobre encoder". México, S. A.
- [12]. SHIGLEY, J; "Manual de Diseño Mecánico"; editorial McGraw-Hill; cuarta edición; México; 1989.
- [13]. Bryan, L.A. "Programmable controllers. Theory and implementation. Second Edition". Edit. Insdutrial Text Company. Atlanta: Georgia 1988. 1047 pp.

- [14]. Francisco Javier Pizarro Valdez. "Automatización de máquinas empaquetadoras mediante utilización de controladores lógicos programables". Edit. Espol Ecuador.
- [15]. Baicells, Joseph y José Luis Romerak. "Autómatas programables". Edi. Alfaomega. s/f. 439 pp.
- [16]. Siemens. "Sistema de automatización S7-200". Manual del sistema. 1998. 478 pp.
- [17]. Siemens. "OP3 operador panel". Equipment Manual Release 11/99.
- [18]. Norton, R; "Diseño de Máquinas", editorial Prentice Hall, Inc.; México; 1998.
- [19]. Siemens. "SIMATIC". manual del sistema de automatización S7-200. Edición 02/2008.
- [20]. GRAFIMPAC S. A. INDUSTRIA GRÁFICA.
<http://www.grafimpac.com.ec/empresa.php>
- [21]. OFFSET ABAD. <http://www.grupograficoabad.com/historia/>
- [22]. CaDe_Simu. <http://cloudgamingcgd.blogspot.com/2015/05/descargar-cade-simu-excelente-para.html>
- [23]. CaDe_SIMU. Tutorial CaDe_SIMU. Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora.
- [24]. LOGO.<https://support.industry.siemens.com>

ANEXOS I

DESCRIPCION DE LA MAQUINA

EQUIPO: CONVERTIDORA CONVO 14



- Año de Fabricación: **1978**
- Máquina: **cortadora transversal**
- Serie: **30620803**
- Actividad: **convertir bobinas en planas de papel y cartulinas**
- Formato de las Hojas a Cortar:

ESPECIFICACIONES DE ANCHOS Y LARGOS DE BOBINAS PARA FORMATO DE CORTE.	MÍNIMO	MÁXIMO
Formato de ancho graduable de las hojas para corte	38 cm.	130 cm.
Formato de largo graduable de la hoja para corte	43 cm.	152 cm.

- **Gramaje**

Gramaje estándar para corte: Mínimo = 56 gr. Máximo = 400 gr.

- **Porcentaje promedio de desperdicio por tipo de sustrato**

✓ Papel bond	4%
✓ Cartulinas	5%
✓ Polietizada	3%
✓ Couchet brillo	5%
✓ Couchet mate	2%

- **Velocidad**

Velocidad estándar promedio: 11,000 tiros x hora

- **Estado Operativo**

- ✓ Variación de corte de 3 mm a 4 mm a lo largo del sustrato, debido al desgaste de embrague.
- ✓ Fuga de aceite en todos los puntos de lubricación de la máquina.
- ✓ Nuevo nivel de variación de corte de 5 mm a 10 mm por el mismo problema se debe mejorar el sistema.

ANEXOS II

CATÁLOGOS DE EQUIPOS QUE INTEGRAN EL PROTOTIPO

A) Motor trifásico 25hp

SIE0041

Motores trifásicos de inducción Jaula de Ardilla

Totalmente cerrados con ventilación exterior

Montaje: Horizontal (F1)

Aislamiento Clase F

Frecuencia: 60 Hz

Diseño Nema B según Norma MG-1

Servicio Continuo

1.25 en armazones 143T al 256T en 2 y 4 Polos; 1.15 en 6 y 8 Polos

1.15 en armazones 284T al S449.

Voltaje: 220/440V hasta armazones 405T

HP 25

POLOS 4

ARMAZON 284T

VOLTS 230/460

TIPO GP100

CORRIENTE (A) 29

EFICIENCIA NOMINAL % 91.7

FACTOR DE POTENCIA % 88

TORQUE (LB-FT) 37

PESO KG 206

HP	Velocidad		Arma33n	Corriente (A)			kW/HP	Eficiencia nominal			Factor de potencia			Par			Conexi3n
	RPM s3ncrona	RPM a plena carga		en vado	plena carga	arranque		1/2	3/4	plena carga	1/2	3/4	plena carga	Nom. lb-pie	Rotor Bloq.	Max.	
1	1800	1745	143T	1.1	1.5	11	K	78.7	81.8	82.5	52	66	76	3.0	290%	320%	Y
	1200	1140	145T	1.3	1.8	9	J	76.4	78.8	80.0	42	56	65	4.6	230%	290%	Y
	900	860	182T	1.2	1.9	8	H	76.6	78.9	78.5	42	54	63	6.1	220%	260%	Y
1.5	3600	3495	143T	0.9	2.0	16	K	78.0	82.0	82.5	69	79	85	2.3	270%	320%	Y
	1800	1740	145T	1.4	2.2	17	K	80.7	83.5	84.0	54	67	76	4.5	290%	320%	Y
	1200	1160	182T	1.5	2.3	16	K	81.6	84.2	85.5	50	63	71	6.8	280%	320%	Y
	900	860	184T	1.8	2.6	13	H	78.0	80.4	80.0	45	58	68	9.2	220%	270%	Y
2	3600	3495	145T	1.1	2.5	22	K	79.9	83.2	84.0	73	83	89	3.0	270%	320%	Y
	1800	1735	145T	1.9	2.9	21	K	80.7	83.6	84.0	52	67	77	6.1	290%	310%	Y
	1200	1160	184T	1.9	3.0	22	K	84.5	86.0	86.5	50	63	72	9.1	220%	300%	Y
	900	865	213T	2.2	3.3	17	H	80.0	82.0	82.5	46	60	69	12.0	200%	290%	Y
3	3600	3510	182T	1.7	3.6	32	K	83.8	86.2	86.5	75	84	90	4.5	230%	320%	Y
	1800	1740	182T	1.8	3.9	30	K	87.5	88.0	87.5	65	76	82	9.1	260%	300%	Y
	1200	1165	213T	2.3	4.0	32	K	85.8	87.6	87.5	58	73	80	14.0	210%	300%	Y
	900	865	215T	3.1	4.7	26	H	82.5	84.2	84.0	48	62	71	18.0	190%	280%	Y
5	3600	3490	184T	1.8	5.8	46	J	86.5	87.8	87.5	82	89	92	8.0	260%	320%	Y
	1800	1730	184T	3.2	6.5	46	J	87.5	88.2	87.5	63	75	82	15.0	260%	300%	Y
	1200	1160	215T	3.3	6.8	46	J	89.0	89.7	88.5	59	71	78	23.0	210%	300%	Y
	900	865	254T	4.1	7.5	40	H	86.0	87.0	86.5	53	66	72	30.0	180%	260%	Y
7.5	3600	3515	213T	3.4	8.8	64	H	87.0	88.0	88.5	77	86	90	11.0	190%	280%	Y
	1800	1750	213T	4.2	9.5	64	H	89.0	90.0	89.5	66	77	83	23.0	210%	270%	Y
	1200	1170	254T	4.5	9.8	60	H	90.6	90.9	90.2	59	72	78	34.0	180%	250%	Y
	900	865	256T	6.6	12.0	64	H	87.0	88.0	87.5	49	61	69	46.0	190%	260%	Y
10	3600	3505	215T	4.0	12.0	81	H	89.0	89.8	89.5	80	89	87	15.0	190%	260%	Y
	1800	1750	215T	5.4	13.0	81	H	89.5	90.0	89.5	68	79	84	30.0	210%	270%	Y
	1200	1165	256T	5.0	13.0	75	G	91.7	91.5	90.2	65	75	80	45.0	170%	250%	Y
	900	875	284T	9.1	15.0	81	H	89.4	90.9	91.0	50	61	69	60.0	150%	220%	D
15	3600	3530	254T	5.0	17.0	116	G	88.5	90.0	90.2	84	90	92	22.0	190%	260%	Y
	1800	1760	254T	7.3	19.0	116	G	91.7	92.1	91.7	68	78	82	45.0	190%	260%	Y
	1200	1175	284T	10.0	20.0	116	G	91.0	91.7	91.0	57	71	77	67.0	160%	270%	D
	900	875	286T	14.0	23.0	116	G	90.1	91.4	91.0	50	60	67	90.0	150%	220%	D
20	3600	3525	256T	7.4	23.0	145	G	88.3	89.9	90.2	82	86	90	30.0	180%	260%	Y
	1800	1755	256T	9.1	26.0	145	G	92.1	92.4	91.7	67	76	80	60.0	190%	270%	Y
	1200	1175	286T	12.0	26.0	145	G	92.1	92.4	91.7	62	73	79	89.0	160%	250%	D
	900	880	324T	18.0	31.0	145	G	90.0	91.2	91.0	50	61	67	119.0	140%	200%	D
25	3600	3525	284T5	8.0	29.0	183	G	92.0	92.2	91.7	80	85	88	37.0	160%	250%	D
	1800	1765	284T	13.0	29.0	183	G	93.3	93.6	93.0	72	82	87	74.0	220%	280%	D
	1200	1180	324T	15.0	33.0	183	G	92.2	92.7	92.4	57	69	77	111.0	170%	240%	D
	900	880	326T	22.0	38.0	183	G	89.2	90.5	90.2	50	61	68	149.0	150%	200%	D
30	3600	3525	286T5	9.5	34.0	218	G	92.0	92.2	91.7	84	89	90	45.0	160%	250%	D
	1800	1765	286T	15.0	35.0	218	G	93.2	93.6	93.0	71	82	86	89.0	220%	280%	D
	1200	1180	326T	19.0	39.0	218	G	92.6	92.9	92.4	58	70	78	134.0	170%	240%	D
	900	885	364T	26.0	47.0	218	G	89.9	91.3	91.0	50	62	66	178.0	150%	200%	D

B) Variador de frecuencia micromaster 440

SIEMENS**MICROMASTER 440**

Instrucciones de uso

Edición B1



Documentación de usuario

Prestaciones

- Control vectorial sin sensores (sensorless vector control)
- Control de flujo corriente FCC (flux current control) para una mejora de la respuesta dinámica y control del motor
- Limitación rápida de corriente FCL (fast current limitation) para funcionamiento libre de disparos intempestivos
- Freno por inyección de corriente continua integrado
- Frenado compuesto o combinado para mejorar las prestaciones del frenado
- Tiempos de aceleración/deceleración con redondeo de rampa programable
- Control en lazo cerrado utilizando una función PID (proporcional, integral y diferencial), con autoajuste
- Chopper de frenado incorporado
- rampas de subida y bajada seleccionables
- Alineamiento de rampa con 4 puntos
- Característica Vf multipunto
- Se puede conmutar entre 3 juegos de parámetros, permitiendo a un único convertidor controlar varios procesos de forma alternada

Características de protección

- Protección de sobretensión/mínima tensión
- Protección de sobretemperatura para el convertidor
- Protección de defecto a tierra
- Protección de cortocircuito
- Protección térmica del motor por $\int I^2 t$
- Protección del motor mediante sondas PTC/KTY

1.2 Características

Características principales

- Fácil de instalar
- Puesta en marcha sencilla
- Diseño robusto en cuanto a CEM
- Puede funcionar en alimentación de línea IT
- Tiempo de respuesta a señales de mando rápido y repetible
- Amplio número de parámetros que permite la configuración de una gama extensa de aplicaciones
- Conexión sencilla de cables
- relés de salida
- salidas analógicas (0 – 20 mA)
- 6 entradas digitales NPN/PNP aisladas y conmutables
- 2 entradas analógicas:
 - AIN1: 0 – 10 V, 0 – 20 mA y -10 a +10 V
 - AIN2: 0 – 10 V, 0 – 20 mA
- Las 2 entradas analógicas se pueden utilizar como la 7ª y 8ª entrada digital
- Tecnología BCo
- Diseño modular para configuración extremadamente flexible
- Altas frecuencias de pulsación para funcionamiento silencioso del motor
- Información de estado detallada y funciones de mensaje integradas
- Opciones externas para comunicación por PC, panel BOP (Basic Operator Panel), panel AOP (Advanced Operator Panel) y módulo de comunicación PROFIBUS

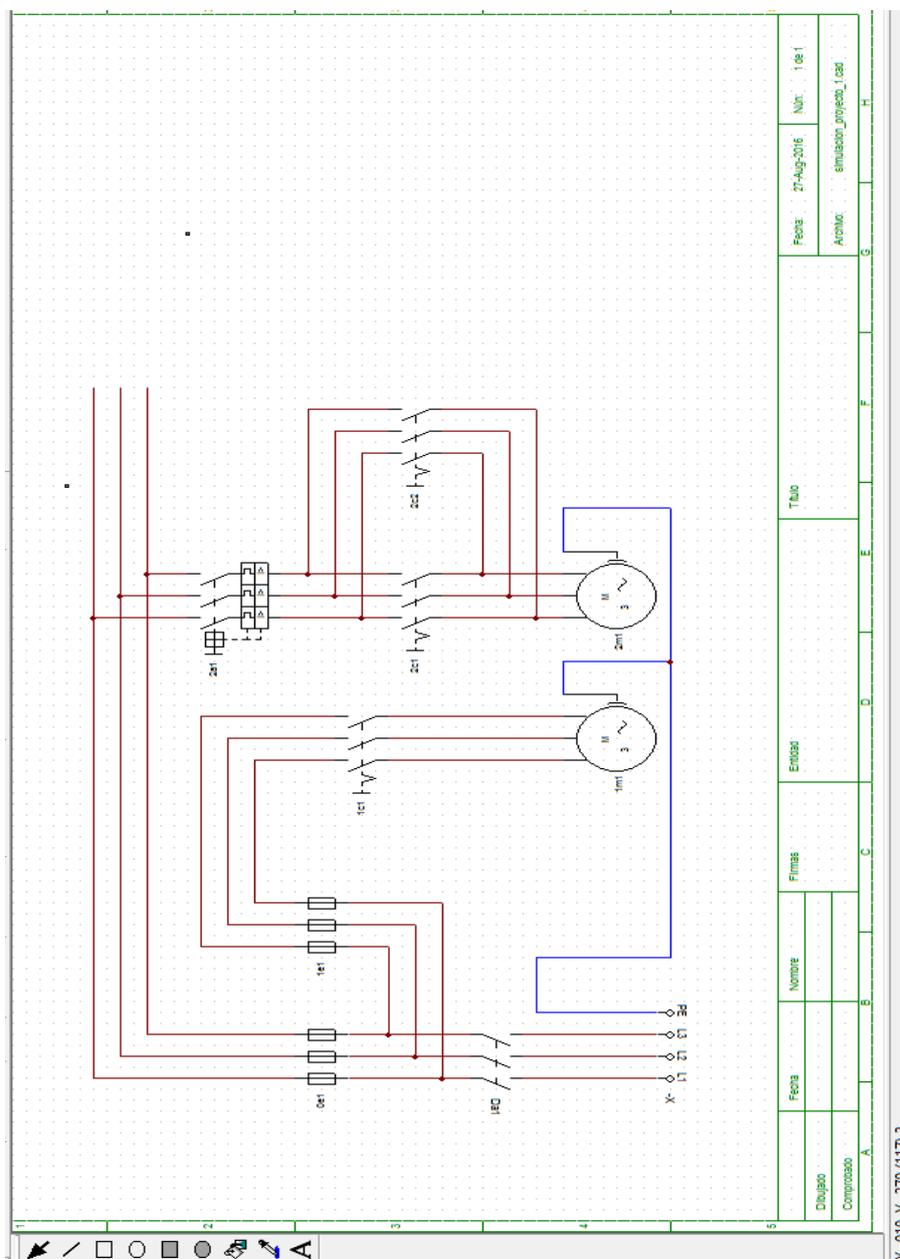
**Margen de tensión de entrada 3 AC 380 V – 480 V, ± 10 %
(con filtro Clase A integrado), Part 1**

Referencia	6SE6440-	2AD22- 2BA0	2AD23- 0BA0	2AD24- 0BA0	2AD25- 5CA0	2AD27- 5CA0	2AD31- 1CA0	2AD31- 5DA0	2AD31- 8DA0
Potencia nominal del motor	[kW]	2,2	3,0	4,0	5,5	7,5	11,0	15,0	18,5
	[hp]	3,0	4,0	5,0	7,5	10,0	15,0	20,0	25,0
Potencia de salida	[kVA]	4,5	5,9	7,8	10,1	14,0	19,8	24,4	29,0
Corriente de salida CT Máx.	[A]	5,9	7,7	10,2	13,2	18,4	26,0	32,0	38,0
Corriente de entrada CT	[A]	5,0	6,7	8,5	11,6	15,4	22,5	30,0	36,6
Corriente de entrada VT	[A]	5,0	6,7	8,5	16,0	22,5	30,5	37,2	43,3
Corr. salida VT Máx.	[A]	5,9	7,7	10,2	18,4	26,0	32,0	38,0	45,0
Fusible recomendado	[A]	16	16	20	20	32	35	50	63
		3NA3005	3NA3005	3NA3007	3NA3007	3NA3012	3NA3014	3NA3020	3NA3022
Sección mínima cable de entrada	[mm ²]	1,0	1,0	1,0	2,5	4,0	6,0	10,0	10,0
	[awg]	17	17	17	13	11	9	7	7
Sección máxima cable de entrada	[mm ²]	6,0	6,0	6,0	10,0	10,0	10,0	35,0	35,0
	[awg]	9	9	9	7	7	7	2	2
Sección mínima cable de salida	[mm ²]	1,0	1,0	1,0	2,5	4,0	6,0	10,0	10,0
	[awg]	17	17	17	13	11	9	7	7
Sección máxima cable de salida	[mm ²]	6,0	6,0	6,0	10,0	10,0	10,0	35,0	35,0
	[awg]	9	9	9	7	7	7	2	2
Peso	[kg]	3,4	3,4	3,4	5,7	5,7	5,7	17,0	17,0
	[lbs]	7,5	7,5	7,5	12,5	12,5	12,5	37,0	37,0
Dimensiones	ancho [mm]	149,0	149,0	149,0	185,0	185,0	185,0	275,0	275,0
	alto [mm]	202,0	202,0	202,0	245,0	245,0	245,0	520,0	520,0
	prof. [mm]	172,0	172,0	172,0	195,0	195,0	195,0	245,0	245,0
	ancho [pulgadas]	5,87	5,87	5,87	7,28	7,28	7,28	10,83	10,83
	alto [pulgadas]	7,95	7,95	7,95	9,65	9,65	9,65	20,47	20,47
	prof. [pulgadas]	6,77	6,77	6,77	7,68	7,68	7,68	9,65	9,65

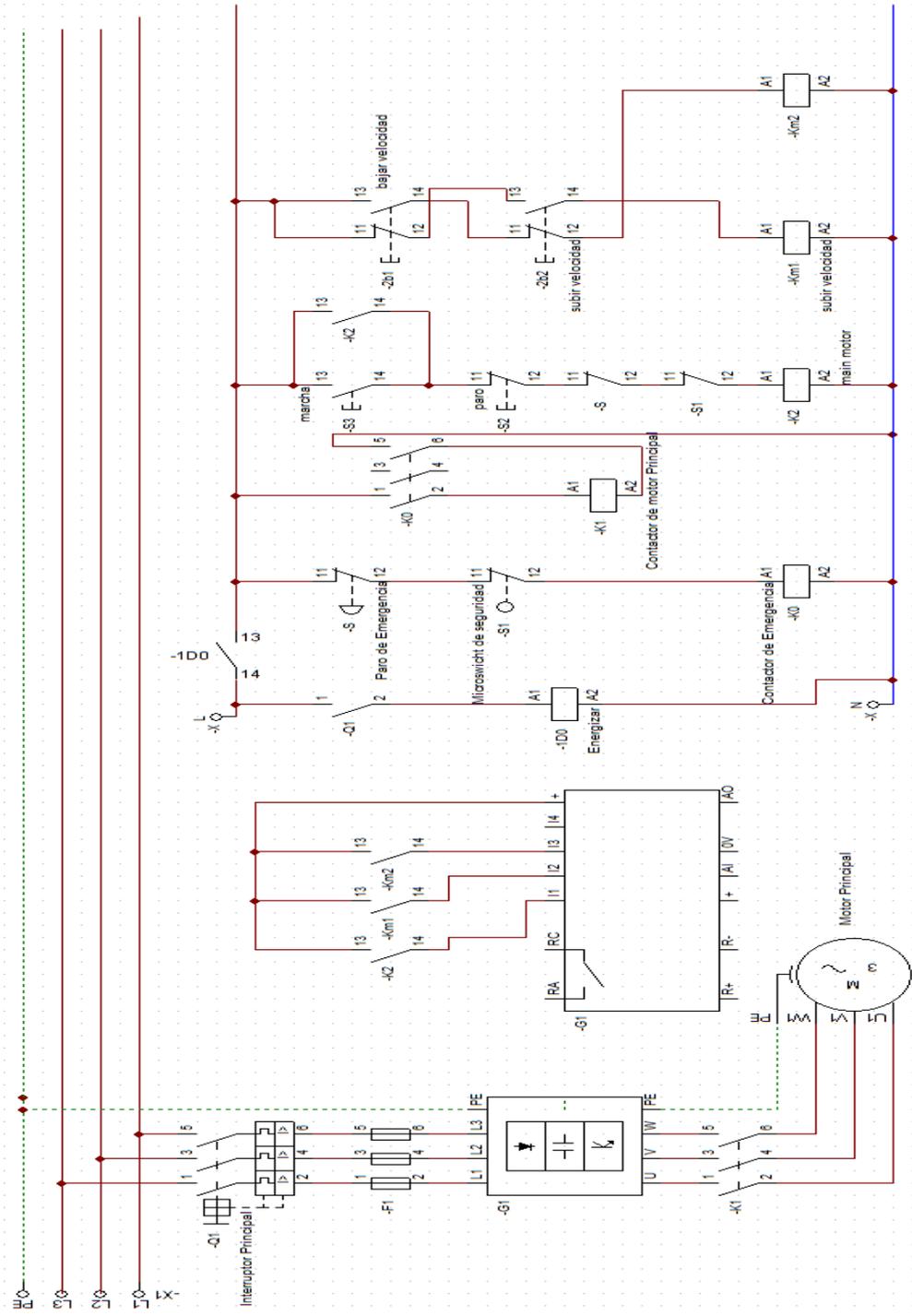
ANEXOS III

DIAGRAMA ELECTRICO DE ARRANQUE DEL MOTOR

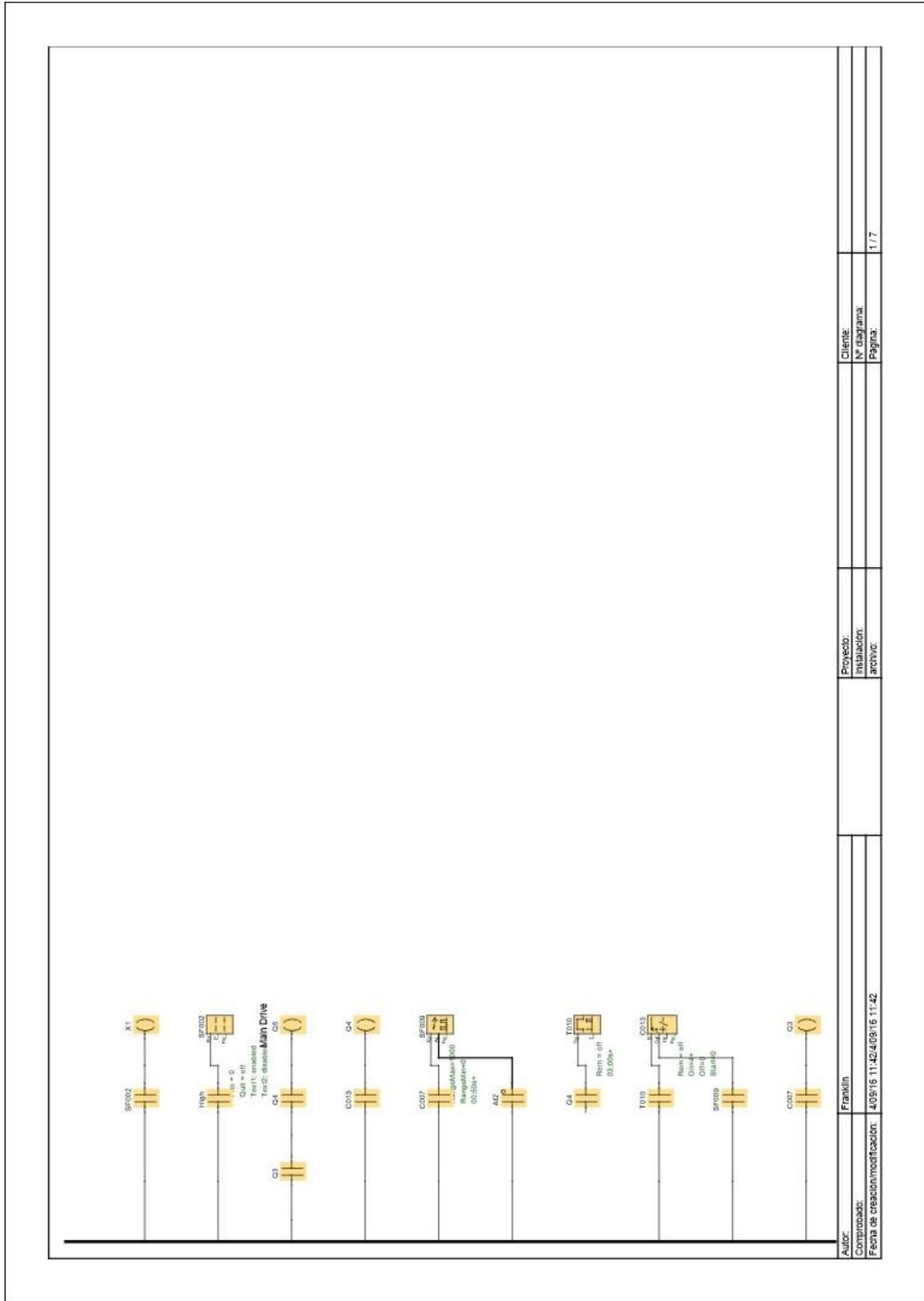
A) Diagrama de arranque del motor DC tomado del diseño original

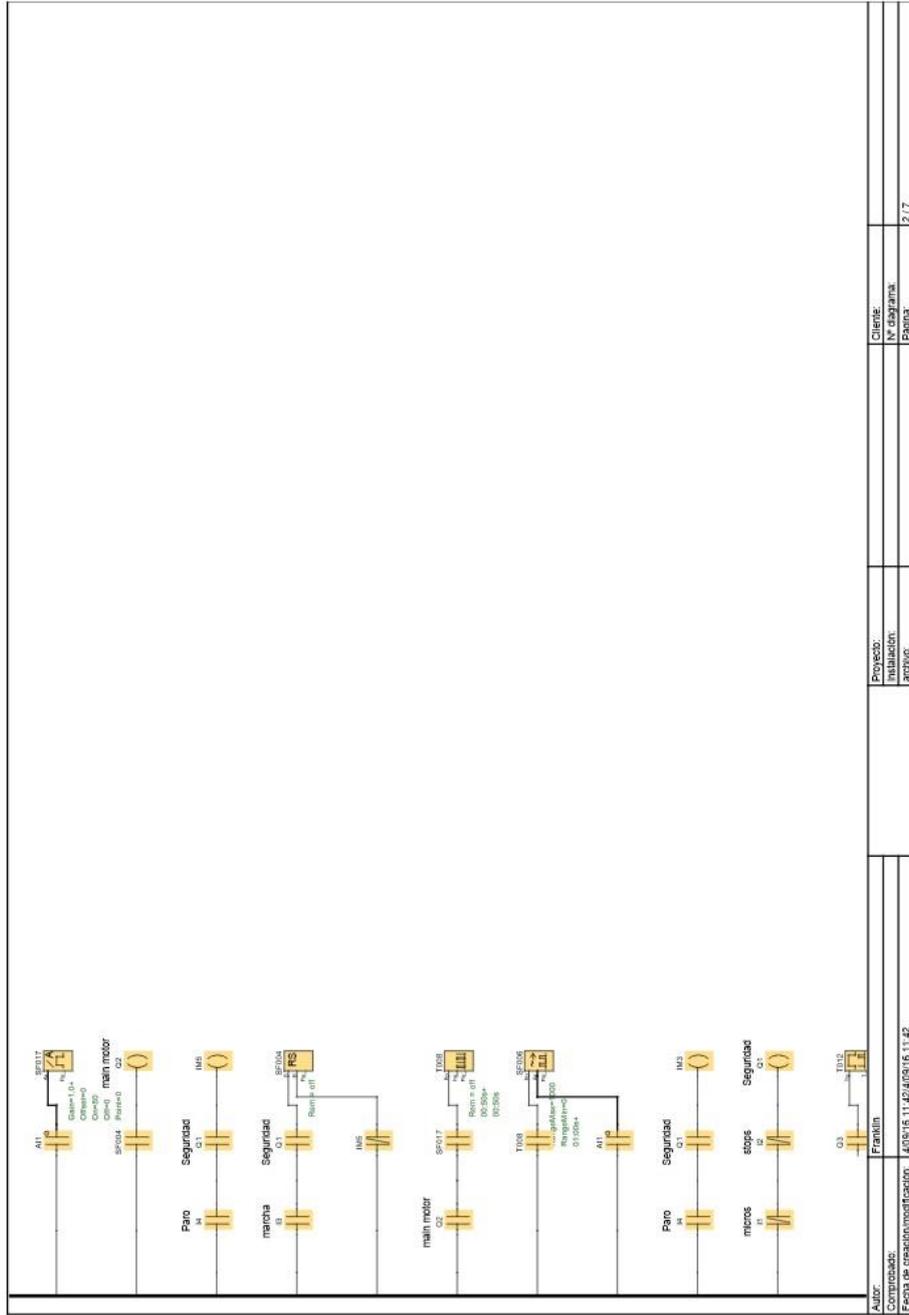


B) Diagrama de arranque del motor AC con variador de frecuencia

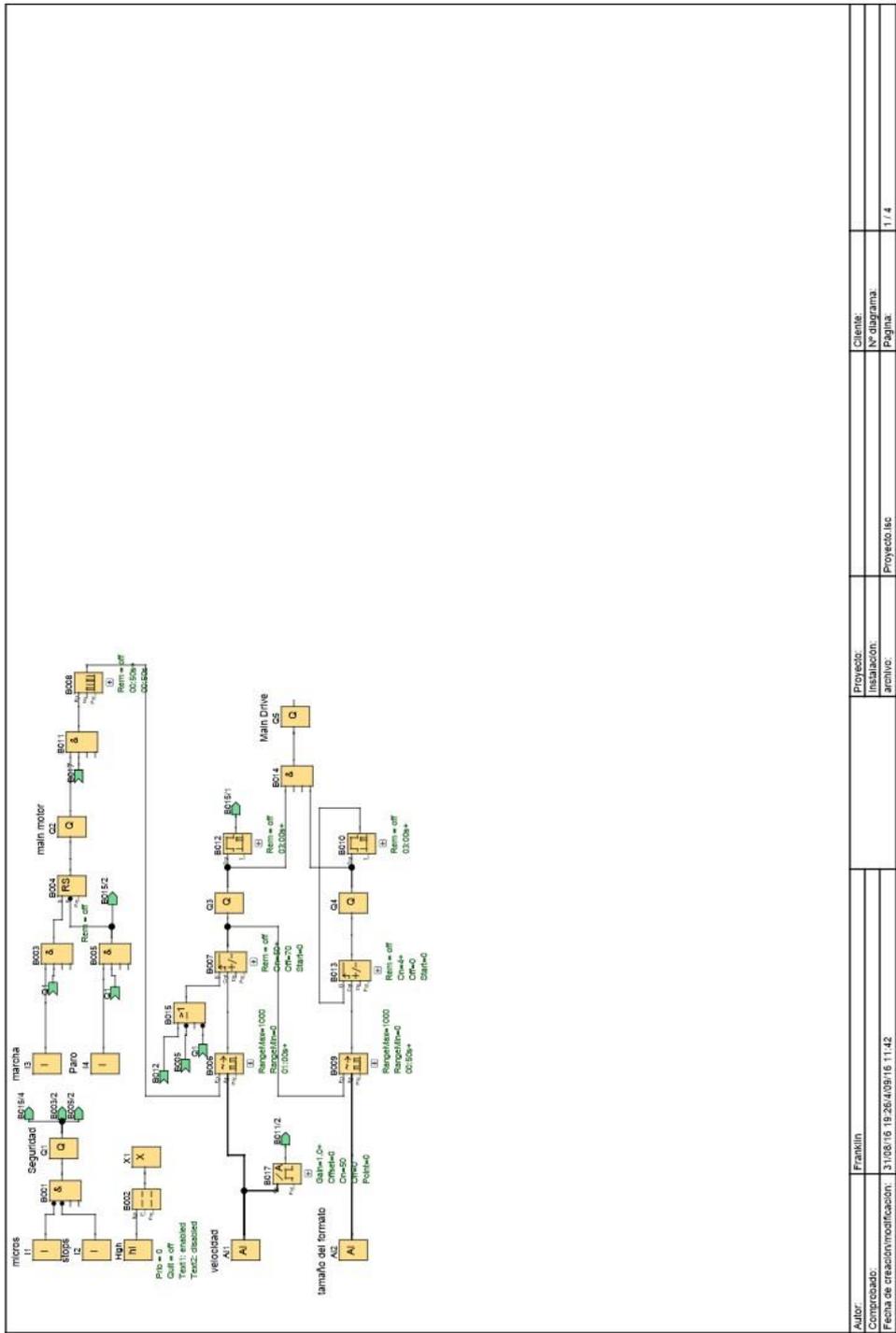


C) Programa del PLC





Autor:	Franklin	Proyecto:	Instalación	Cliens:	
Comprobado:		archivo:		Nº diagrama:	
Fecha de creación/modificación:	4/09/15 11:42:40/9/15 11:42			Página:	2 / 7



Autor:	Franklin	Proyecto:	Proyecto.lsc
Comprobado:		Instalacion:	
Fecha de creacion/modificacion:	31/08/16 19:26:40/09/16 11:42	archivo:	
		Cliente:	
		Nº diagrama:	
		Pagina:	1 / 4