

MODERNIZACIÓN DE MÁQUINA GUILLOTINA
EN LA INDUSTRIA LITOGRAFICA

DANIEL CABRERA ENRÍQUEZ

WILTON HENAO MAZO

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESCUELA DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
MEDELLÍN
2009

MODERNIZACIÓN DE MÁQUINA GUILLOTINA
EN LA INDUSTRIA LITOGRAFICA

DANIEL CABRERA ENRÍQUEZ

WILTON HENAO MAZO

Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero
Electrónico

Director
ANDRES NIÑO TABARES
Ingeniero Electrónico

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESCUELA DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
MEDELLÍN
2009

NOTA DE ACEPTACIÓN

Firma
Nombre: Hugo Cardona Restrepo
Presidente del jurado

Firma
Nombre: Juan Diego Correa Blair
Jurado

Medellín, 14 de Octubre de 2009

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	10
1. RECONOCIMIENTO DE MÁQUINA GUILLOTINA	11
1.1 INFORMACIÓN TÉCNICA DE LOS EQUIPOS A ENERGIZAR	12
2. SELECCIÓN DE ELEMENTOS MÁQUINA GUILLOTINA	14
2.1 PLC	14
2.2 CONDUCTORES	16
2.3 BORNERAS	16
2.4 CONTACTORES	17
2.5 GUARDAMOTOR FANOX	18
2.6 INTERRUPTORES TERMOMAGNÉTICO	19
2.7 FUENTES DC	20
2.8 SENSOR INFRARROJO	20
3 DISEÑO ELÉCTRICO MÁQUINA GUILLOTINA	21
4 PROGRAMACIÓN PLC MÁQUINA GUILLOTINA	22
4.1 MOTOR AIRE	22
4.2 EMBRAGUE DE CUCHILLA	23
4.3 MOTOR DC	23
4.4 MOTOR TRIFÁSICO PRINCIPAL	24
5 IMPLEMENTACIÓN CONTROL MÁQUINA GUILLOTINA	25
6 DISEÑO DEL PROTOTIPO MICRO CUT	26
6.1 TAREAS Y MODOS DE OPERACIÓN	28
6.2 ELEMENTOS IMPLICADOS EN EL SISTEMA MICRO CUT	29
7 SELECCIÓN DE ELEMENTOS MICRO CUT	37
7.1 UNIDAD DE CONTROL	37
7.2 ACONDICIONAMIENTO DE SEÑALES DE ENTRADA	38
7.3 FUENTE DE PODER PARA EL MOTOR UNIVERSAL	40
7.4 PUENTE H CON TRANSISTORES BJT	42
8 PROGRAMACIÓN DEL <i>PLC</i> MICRO CUT	47

8.1	DESARROLLO DEL HMI EN EL PLC	48
8.2	MANEJO DE LA MEMORIA ESTÁTICA	51
9	MANUAL DE OPERACIÓN MICRO CUT	53
9.1	ENCENDIDO	53
9.2	OPERACIÓN MANUAL	54
9.3	OPERACIÓN AUTOMÁTICA	54
9.4	INGRESO DE MEDIDAS DE PROGRAMAS DE CORTE	55
	CONCLUSIONES	57
	RECOMENDACIONES	58
	BIBLIOGRAFIA	59
	ANEXOS	60

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO 1:	
MANUAL DE OPERACIÓN Y ESPECIFICACIONES MÁQUINA GUILLOTINA	60
ANEXO 2:	
CARACTERÍSTICAS CONTACTORES	75
ANEXO 3:	
DISPOSICIÓN DE TABLERO CONTROL MÁQUINA GUILLOTINA	76
ANEXO 4:	
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PLC JAZZ	79
ANEXO5:	
PLANOS ELÉCTRICOS MICRO CUT	81
ANEXO 6:	
ANTEPROYECTO TESIS DE GRADO	82
ANEXO 7:	
ARTICULO PUBLICABLE	94

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Mitsubishi Alpha AL2.	15
Figura 2. Borneras.	17
Figura 3. Guardamotor Fanox M-6.3	19
Figura 4. Interruptor Siemens 5SX2 310-7.	20
Figura 5. <i>MicroCut Lcd Jr.</i>	26
Figura 6. Vista superior Máquina Guillotina con elementos del MicroCut.	27
Figura 7. Sensor Inductivo <i>MicroCut Lcd Jr.</i>	31
Figura 8. Encoder H20 <i>MicroCut Lcd Jr.</i>	31
Figura 9. Micro PLC Unitronics serie Jazz.	34
Figura 10. Esquemático fuente de poder para PLC y entradas.	38
Figura 11. Esquemático de un amplificador no inversor.	39
Figura 12. Esquemático de etapa de amplificación de entradas.	40
Figura 13. Esquemático de fuente de poder para motor.	41
Figura 14. Circuito transistores en <i>Darlington</i> operando como interruptor.	43
Figura 15. Esquemático del puente H para el motor de DC.	45
Figura 16. Ventana de diseño de pantallas en el <i>M90</i> .	49
Figura 17. Ventana con la visualización en <i>LCD</i> de variables de programa	50
Figura 18. Salto condicionado entre pantallas por teclado.	51
Figura 19. Salto condicionado entre pantallas por <i>ladder</i> .	51
Figura 20. Bloques de función en ladder para manejo de memoria.	52
Figura 21. Pantalla Menú principal.	53
Figura 22. Pantalla Selección Automática.	55
Figura 23. Pantalla opción de Ingreso de medidas.	56
Figura 24. Pantalla Ingreso de medida.	56

GLOSARIO

CARRERA TÉRMICA: Momento de inestabilidad térmica por exceso de temperatura en los Dispositivos de estado sólido.

DC (*direct current*): Corriente directa.

EMBRAGUE: Sistema de acople que permite transmitir energía mecánica entre un dispositivo y otro.

ENCODER: Tipo de transductor electromecánico, que genera de una señal eléctrica de acuerdo a la posición radial de una serie de rejillas y obstáculos, que varía a medida que se produce un movimiento rotacional.

ESCUADRA: Barrera que se encuentra en la parte trasera de la Máquina Guillotina, la cual es movida por el motor para obtener la medida deseada en el corte de los bloques de papel.

ETHERNET: Estándar para redes de área local.

FUENTE SWITCHING: Tipo de fuentes que usa una combinación de electrónica para conmutación, para efectuar la conversión de voltajes de corriente alterna a corriente directa.

HMI (*Human Machine Interface*): Sistema que permite la interacción Hombre-Máquina.

LCD (*Liquid Crystal Display*): Pantalla de cristal líquido.

MICROPLC: Término usado para designar a los *PLC* comerciales que ofrecen características para el control de procesos con poca cantidad de entradas y salidas.

PLC (*Programmable Logic Controller*): Controlador Lógico Programable. Dispositivo de naturaleza electrónica microprocesada, usado para llevar el control

de una manera secuencial, según los comportamientos de diferentes tipos de variables que se tengan en cierto proceso.

PWM (*Pulse Width Modulation*): Modulación que actúa por medio de la variación del ancho de pulso.

RETIE: Reglamento técnico Colombiano para instalaciones eléctricas.

ROM (*Read Only Memory*): Medio de almacenamiento digital de solo lectura.

SENSÓRICA: Sistema que provee las señales de un conjunto de sensores.

SOFTWARE: Conjunto de instrucciones en cierto lenguaje de programación, que conforman un programa, y que se van ejecutando en cierto orden para cumplir una tarea específica.

SOLENOIDE: Dispositivo con un embolo móvil que se acciona ante un impulso eléctrico.

TOUCHSCREEN: Pantalla táctil. Tecnología electrónica que permite la manipulación de los datos sobre un sistema, por lo general gráfico, y totalmente interactivo con el usuario, usando el sentido del tacto de forma directa sobre el sistema.

RS232: Interfaz entre una terminal de datos y un equipo de comunicaciones, para el intercambio serie de datos binarios.

RS485: Estándar que especifica las características eléctricas de los controladores y receptores utilizados en sistemas digitales multipunto.

INTRODUCCIÓN

La modernización de la Máquina Guillotina, consiste en reemplazar el sistema de control, ya que anteriormente muchas de las tareas que necesitaba el proceso de corte y de colchón de aire, se realizaban mediante relés y contactores con lógica cableada. Esto hacía que el sistema fuera más propenso a fallas y que el mantenimiento se dificulte por falta de repuestos y de documentación, como planos eléctricos y especificaciones de los equipos

Entonces se opta por automatizar el sistema por medio de un *PLC* y de renovar el sistema de cableado, los contactores y demás elementos necesarios; según normas de seguridad y construcción establecidas en el RETIE. De esta forma se puede contar con documentación para el conocimiento necesario en el mantenimiento, utilización o modificación del sistema eléctrico y de control.

La máquina cuenta con un sistema de avance que proporciona el tamaño del corte, para este sistema se desarrolla el prototipo llamado *Microcut*, que mejora el tiempo de repuesta en la producción de la empresa, dado que consta de varias memorias programadas según formatos de corte frecuentes o deseados por el operario. También se presenta la posibilidad de ofrecer este sistema como un producto que entraría a competir con sus equivalentes importados.

1. RECONOCIMIENTO DE MÁQUINA GUILLOTINA

Se realiza un estudio para entender el funcionamiento de la máquina, esto da información que permite determinar la forma más factible de modernizar el funcionamiento eléctrico y de control. Se opta por utilizar elementos ya implementados en la máquina, como los sensores que actúan en forma básica de normalmente cerrado y normalmente abierto, interruptores *on-off*, embrague y motores de diferentes aplicaciones (Imagen de la máquina ANEXO1).

Los sensores que trae la máquina están distribuidos de la siguiente forma:

- Uno situado en la prensa, que determina si esta abajo o arriba. Esto es porque en cada corte es necesario que la prensa este oprimiendo el papel para mejorar la calidad del corte.
- Cinco situados de forma, que permiten saber la posición de la cuchilla y facilitar así el control de la misma por medio del acople del embrague (Imágenes ANEXO1).

Los interruptores de igual manera trabajan normalmente cerrado (*NC*) o normalmente abierto (*NO*), en forma de perilla, pulsador o palanca así:

- Interruptor tipo perilla para motor de aire.
- Interruptor tipo palanca para confirmar motor de aire.
- Dos interruptores tipo pulsador para accionar cuchilla, con dos señales de *NC* y *NO* cada uno de ellos.
- Interruptor tipo perilla para operación manual de la cuchilla, esta operación se realiza con el motor principal apagado.
- Interruptor tipo palanca para acople de embrague, en operación manual.
- Interruptor tipo perilla para habilitar motor Principal.

El embrague trabaja por medio de un solenoide a 24V (DC), que acopla el motor principal con el sistema de movimiento de la cuchilla y se acciona según ordenes del control de la máquina.

Los motores son de diferentes tipos y para diferentes aplicaciones.

- Motor trifásico a 440 voltios para el funcionamiento de la cuchilla y del sistema hidráulico de la máquina, considerado motor principal.
- Motor trifásico a 440 voltios para el funcionamiento del sistema de aire.
- Motor de corriente directa a 24 voltios para accionamiento de la prensa.

Con la información anterior se selecciona el *PLC* adecuado, diseñar el control y tener en cuenta los requerimientos de equipos eléctricos adicionales para este trabajo.

1.1 INFORMACIÓN TÉCNICA DE LOS EQUIPOS A ENERGIZAR

1.1.1 Motor principal

- Motor trifásico estrella-delta.
- V_n : 440V (AC).
- I_n : 6.5A.
- P_n : 3KW
- FP 0.86.
- F: 50-60Hz.

1.1.2 Motor Aire

- Motor trifásico.

- Vn: 440V (AC).
- In: 3.5A.
- Pn: 1.5KW
- F: 50-60Hz.

1.1.3 Embrague de cuchilla

- Tipo Solenoide.
- Vn: 24V (DC).
- In: 4.65A.

1.1.4 Motor DC

- Motor DC.
- Vn: 24V (DC).
- In: 1.65A.

2. SELECCIÓN DE ELEMENTOS MÁQUINA GUILLOTINA

2.1 PLC

Para este propósito se tiene como requisito mínimo 15 entradas contando con los sensores e interruptores, y 6 salidas tipo relé para control del embrague, motor de aire, motor *DC* y tres para motor principal. Con esta información básica se selecciona un *PLC* para ser cotizado en cuatro marcas reconocidas en el mercado nacional e internacional, teniendo en cuenta el respaldo y la garantía presentada por el fabricante.

Todos los *PLC*'s cotizados cumplen con los requerimientos mínimos para la programación, adquisición de datos, memoria estática necesaria de almacenamiento, software incluido y respaldo con un año de garantía. El cable de interfaz para programación es dado en préstamo por cada distribuidor durante una semana.

2.1.1 *Unitronics*: Ref. Jazz (JZ10-11-R31). Con 16 entradas digitales – 2 análogas (1.2mA 24V DC), 11 salidas para relés (3ª 24V DC), comunicación *Modbus*, programación *Ladder*.

Precio: 723.750 pesos

2.1.2 *Telemecanique*: Ref. Zelio (SR3B26FU). Con 16 entradas digitales, 10 Salidas para relé, programación *Ladder*.

Precio: 1'324.000 pesos

2.1.3 *Siemens*: Ref. Simatic (S7-CPU222). Con 8 entradas digitales, 6 salidas relé, programación *Ladder*.

Precio: 1'503.000 pesos

2.1.4 *Mitsubishi*: Ref. Alpha (AL2-24MR-D). Con 15 entradas digitales-8 análogas, 9 salidas relé, programación Lógica Digital.

Precio: 655.000 pesos

Entonces es el precio el punto por el cual se decide la adquisición del *PLC Mitsubishi alpha* que se muestra en la figura 1.

Figura 1. Mitsubishi Alpha AL2.



Fuente: *MITSUBISHI ELECTRIC*. Catalogo alpha minicontroladores, 2009. p.1.

2.2 CONDUCTORES

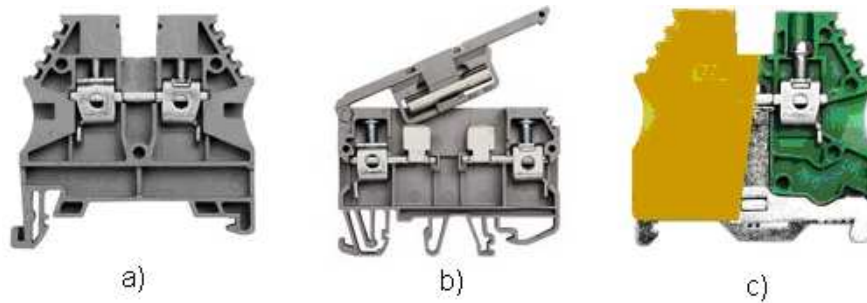
Los conductores de potencia para los motores y el embrague no son cambiados dado que gracias a la chaqueta de protección que tienen, se encontraban en buen estado, al igual que los conductores de los sensores, todos los anteriores salen desde el tablero de control de una bornera al equipo.

EL conductor para control es *Centelsa TFF* 18AWG de colores rojo, negro y azul, dado que en esta sección no supera los 10A. Para los conductores de potencia se utilizó el *Centelsa TWK* 16AWG de color negro, que cumple con las necesidades del diseño.

2.3 BORNERS

Bornera para control y potencia marca *Klemsan AVK-4* (Figura 2. (a)), con capacidad de 32A con una tensión máxima de 750V (AC), características suficientes para la aplicación. Bornera porta fusible marca *Klemsan ASK-2LD* (Figura 2. (b)), con capacidad de 6.3A con una tensión máxima de 220Vac. Bornera a tierra marca *Klemsan AVK-2.5/4T* (Figura 2. (c)).

Figura 2. Borneras.



Fuente: KLEMSAN ELECTRIC, General product catalog. 2008. p.42.

2.4 CONTACTORES

El contactor tiene la función de conmutar o interrumpir la alimentación hacia el dispositivo a controlar, que en este caso son los motores y el embrague de la cuchilla tipo solenoide.

2.4.1 Contactor *Mitsubishi* MS-N10

- Bobina AC.
- V_n : 220V (AC).
- P_n : 3.5W.
- Contactos potencia: 3.
- I_{ac-3} : 9A.
- I_{dc-3} : 6A.
- Contactos auxiliares: 1NO

2.4.2 Contactor *Mitsubishi* MS-N11

- Bobina AC.
- Vn: 220V (AC).
- Pn: 3.5W.
- Contactos potencia: 3.
- I_{dc}-3: 10A.
- Contactos auxiliares: 1NO.

2.4.3 Contactor *Mitsubishi* MS-N12

- Bobina AC.
- Vn: 220Vac.
- Pn: 3.5W.
- Contactos potencia: 3.
- I_{ac}-3: 12A
- Contactos auxiliares: 1NO + 1NC.

Más especificaciones ANEXO 2 (Imágenes en ANEXO 3).

2.5 GUARDAMOTOR FANOX

En la figura 3 se muestra un guardamotor *Fanox* M-6.3, que es un dispositivo de protección termomagnética tripolar, con compensación de temperatura y sensibilidad a ausencia de tensión en fase. Las características para la correcta protección del motor principal y del motor de aire son: Capacidad de 4 - 6.3A para 440Vac.

Figura 3. Guardamotor Fanox M-6.3.



Fuente: FANOX, catalogo de protección y control. 2008. p.23.

2.6 INTERRUPTORES TERMOMAGNÉTICO

Los interruptores termomagnéticos son empleados para la protección de conductores, motores y diferentes dispositivos eléctricos contra sobrecargas y cortocircuitos. El interruptor termomagnético es utilizado en el proyecto para proteger las fuentes de directa y a la alimentación asociada con las bobinas de los contactores; es de tipo bipolar para riel, marca *Siemens* 5SX2 310-7 con capacidad de 10A para 220Vac, como lo muestra la figura 4.

Figura 4. Interruptor Siemens 5SX2 310-7.



Fuente: SIEMENS, brochure 5SX2 Interruptores electromagnético.

2.7 FUENTES DC

Fuentes de corriente directa marca *YHZ* a 24Vdc, una con capacidad de 6A para energizar *PLC* sensores e interruptores (entradas) y otra de 10A para el embrague de la guillotina y motor *DC*.

2.8 SENSOR INFRARROJO

Sensor auto réflex con detección inmediata ante obstrucción de la señal, abarca una longitud de 90cm, medida exacta para el ancho de la plataforma de corte de la máquina. Sensor trabaja a 24Vdc y envía una señal A con un 1 lógico y una señal B con un 0 lógico cuando no se este sensando nada, lo contrario cuando sensa, esta medida se toma con el fin de ratificar el correcto funcionamiento del dispositivo.

3 DISEÑO ELÉCTRICO MÁQUINA GUILLOTINA

Dado que se renueva el sistema de control es necesario modificar algunas secciones de cableado y estructura eléctrica.

El sistema eléctrico de conexión para los diferentes dispositivos que comprende todo el funcionamiento de la máquina guillotina se divide en la sección de potencia, sección de control, diagrama de conexión de entradas y diagrama de salidas, como lo muestra el ANEXO 1.

En este diseño se implementa medidas de protección, como fusibles para los dispositivos que se consideran necesarios, protección térmica contra cortocircuito o sobrecarga para el sistema de control con un disyuntor adecuado y guardamotores para los equipos motrices eléctricos a energizar.

El sistema de conexión eléctrica para la implementación del nuevo control, se desarrolla teniendo en cuenta el RETIE (Artículos 8, 9, 11 y 15) y las recomendaciones de la *NTC 2050* sección 670 y sección 720.

4 PROGRAMACIÓN PLC MÁQUINA GUILLOTINA

La marca *Mitsubishi* provee el *software* para la programación del *PLC* seleccionado por Internet con la referencia de SW0D5-ALVLS-EU ¹. Este *software* consta de una programación de lógica digital (compuertas *AND*, *OR*, etc.) y de funciones complementarias como contadores, retardos, comparadores, etc.

El sistema esta diseñado para controlar cuatros elementos.

4.1 MOTOR AIRE

El control tiene en cuenta una entrada de interruptor tipo perilla y otra tipo palanca que referencia cuando el sistema de aire debe funcionar, para esto se implementa una *AND* que también habilita o deshabilita el sistema de aire sí la cuchilla esta en movimiento. Como resultado, una salida tipo relé para el accionamiento del sistema de colchón de aire.

¹ MITSUBISHI ELECTRIC [en línea] <Inicial Disponible en: http://www.mitsubishiautomation.com/products/microcontrollers_software.html?distributor=0> [consulta: 10 Ene. 2009]

4.2 EMBRAGUE DE CUCHILLA

La máquina guillotina debe poner en movimiento la cuchilla, acoplando el embrague al motor principal, esto se realiza cuando los dos interruptores tipo pulsador son accionados, cuando la prensa ha bajado y cuando el motor principal llega a velocidad nominal. Durante el proceso en el que la cuchilla baja, si uno de los interruptores no está accionado o si el sensor infrarrojo detecta movimiento en la plataforma el sistema desacopla inmediatamente el embrague; para el proceso de subida, la máquina automáticamente sube la cuchilla sin necesidad que los pulsadores se mantengan accionados, pero se protege al operario deteniendo el movimiento de la cuchilla cuando el sensor infrarrojo detecta movimiento antes de terminar el recorrido, esto con el fin de prevenir cualquier error en los estados de posición como se explica más adelante, se habilita la continuidad del corte si se vuelve a conmutar los dos pulsadores.

El sistema cuenta con cinco sensores que permiten saber la posición de la cuchilla, de esta forma cada sensor tiene un comportamiento diferente que ha permitido generar un grupo de siete estados, donde cada uno de ellos indica una posición de inicio, bajando, abajo, etc. Esto para decidir el momento adecuado de finalizar el movimiento o saber si el sistema presenta algún error en los sensores.

Para cambio de cuchilla y mantenimiento, el embrague se acopla cuando un interruptor tipo perilla y uno tipo palanca son accionados, deshabilitando el motor principal.

4.3 MOTOR DC

La máquina cuenta con una prensa que mejora el corte, ya que aprisiona el papel. Esta prensa se puede accionar por medio de un pedal mecánico, de lo contrario el

control habilita la salida del motor *DC* para hacer descender la prensa y se deshabilita cuando la cuchilla esta subiendo.

4.4 MOTOR TRIFÁSICO PRINCIPAL

La salida para éste motor se da cuando se acciona un interruptor tipo perilla, teniendo en cuenta que la cuchilla se encuentre en la posición de inicio y que el accionamiento manual de la cuchilla no esta accionado.

El motor tiene un arranque estrella-delta de forma que se cuenta con tres contactores, el principal (A), estrella (B) y delta (C). Entonces el control acciona primero la salida A y B, después de un tiempo determinado se realiza el cambio de B a C, es cuando el motor adquiere su velocidad nominal.

5 IMPLEMENTACIÓN CONTROL MÁQUINA GUILLOTINA

En la implementación de todo el sistema, contando con el cableado, instalación de contactores, relés, interruptores, fuentes, *PLC* y demás, se espera un comportamiento ideal, pero después de varias pruebas es necesario realizar unos ajustes en los dispositivos de protección y ciertas modificaciones en el programa del *PLC*.

Primero se ajusta a la medida las protecciones de los motores para que durante el arranque no se accionen y por otra parte el sensor infrarrojo fue necesario ajustar la distancia y la sensibilidad de detección.

El programa del *PLC* se modifica dado que sí se realiza el desacople del embrague en el último estado, por inercia la cuchilla se logra desplazar mas de lo necesario. Por esto mediante pruebas se logra deshabilitar el corte en el flanco de bajada del estado cinco y dada la fuerza que lleva la cuchilla es capaz de llegar al punto inicial.

Resueltos los inconvenientes, el funcionamiento de la máquina guillotina es óptimo, el corte es preciso, las medidas de protección tomadas para proteger la integridad del operario y demás personas que interactúen con la máquina funcionan correctamente, la relación entre los dispositivos actuadores como los relés, contactores, sensores e interruptores, es correcta y permite el funcionamiento adecuado y satisfactorio.

La máquina tiene un seguimiento posterior a la automatización de 2 meses y en el transcurso de este tiempo no se presenta ningún imprevisto, siendo este un tiempo prudente para la demostración del correcto funcionamiento de la máquina y para la entrega satisfactoria a los propietarios y a los operarios de la misma. El resultado y la disposición final de la implementación se muestran en el ANEXO 3 con ciertos detalles explicados.

6 DISEÑO DEL PROTOTIPO MICRO CUT

El *MicroCut* o dispositivo de corte controlado por computador, que se ha propuesto diseñar se basa en el producto existente en el mercado internacional que comercializa la empresa *C&P Microsystems* con su modelo *MicroCut Lcd Jr*, que solo puede ser adquirido en el exterior a un alto precio de importación.

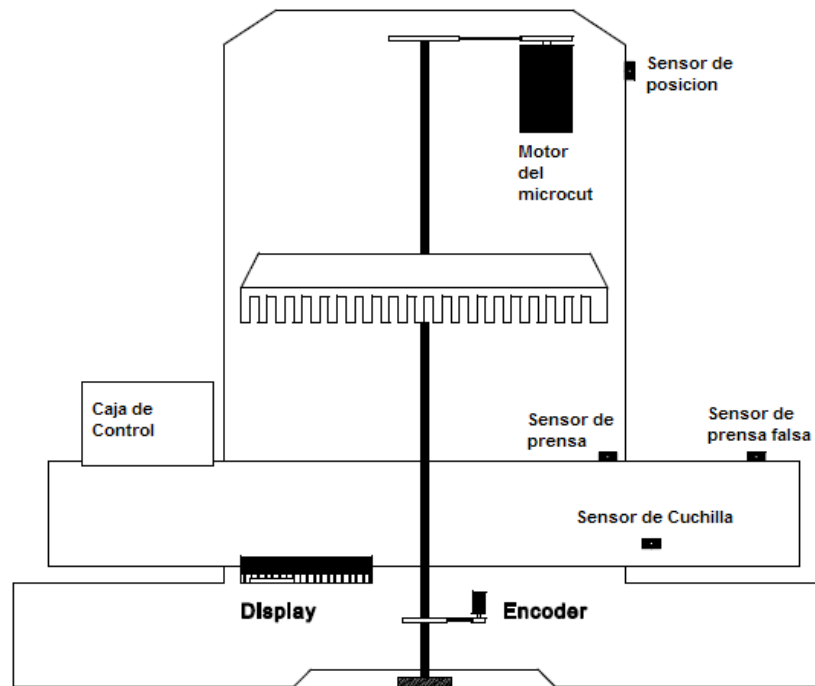
El sistema que fue creado por *C&P* viene constituido por un motor de *DC* tipo universal encargado de manejar la carga que es un tipo de escuadra que posee la máquina guillotina que determina hasta donde entra el papel para ser cortado y por lo cual limita la medida de corte. Un *encoder* tipo incremental es usado como elemento de realimentación del sistema y saber la ubicación actual de la escuadra, y cuatro sensores inductivos para detectar elementos a ciertas distancias para uso del sistema de control. Por otro lado viene el *MicroCut* equipado con la caja principal que establece el control y a donde llegan y salen respectivamente tanto las entradas como las salidas del sistema y esta a su vez se comunica con un panel compuesto por un *display* y teclado que sirve de interfaz hombre-máquina (Figura 5), con el que la persona manipula y observa el estado del sistema.

Figura 5. *MicroCut Lcd Jr*.



Fuente: MICROSYSTEMS, Manual de operación del *C&P Microsystems MicroCut Lcd Jr*. 2009. p.1.

Figura 6. Vista superior Máquina Guillotina con elementos del MicroCut.



Fuente: MICROSYSTEMS, Manual de operación del *C&P Microsystems MicroCut Lcd Jr.* 2009. p.4.

La empresa Ofigraf S.A. que posee la máquina guillotina sobre la que se centra el presente proyecto, adquirió el dispositivo *MicroCut* tiempo atrás, permitiendo el desarrollo del sistema del prototipo en base a la estructura mecánica y eléctrica de cada elemento implementado, y así dar cumplimiento de los objetivos que se han trazado.

Los elementos del sistema que hacen parte de todas las entradas y salidas, son los enumerados a continuación:

- Motor de *DC* del *MicroCut*
- *Encoder* incremental
- Sensor inductivo de posición
- Sensor inductivo de prensa
- Sensor inductivo de prensa falsa

- Sensor inductivo de cuchilla

Más adelante se presentan algunas de las más relevantes especificaciones eléctricas de los elementos nombrados arriba, en la sección de selección de elementos.

6.1 TAREAS Y MODOS DE OPERACIÓN

Previo a la decisión de qué elementos electrónicos se van a escoger, para ser el cerebro procesador y controlador para las funciones que debe cumplir este prototipo, se da una breve descripción de las tareas que como mínimo debe ejecutar:

6.1.1 Encendido y calibración: El sistema enciende y alimenta los sensores y *encoder* para poner en marcha el motor hacia atrás hasta el punto inicial, que lo dará el sensor inductivo de posición mostrado en la anterior figura.

6.1.2 Modo de Operación Manual: El modo manual es usado por el operario cuando desea controlar manualmente y arbitrariamente la posición de la escuadra para cada corte que se ejecute con la máquina.

6.1.3 Modo para ingreso de programa: El dispositivo se dispone para recibir las medidas o dimensiones de corte a realizar en un programa de corte, entendiendo éste último como una serie o sucesión de posiciones que la escuadra debe alcanzar en todo lo ancho de su recorrido para que el usuario u operario obtenga los cortes que requiera.

Cada programa tiene como o máximo 10 dimensiones permitidas para establecer, pero que en promedio para la industria litográfica colombiana se hace un uso de 6 posiciones de corte por programa.

6.1.4 Modo de Operación Automática: En este modo el *MicroCut* toma el control total de posicionamiento de la escuadra a través del orden establecido por el programa de corte que el usuario haya escogido previamente para ser ejecutado.

6.2 ELEMENTOS IMPLICADOS EN EL SISTEMA MICRO CUT

Teniendo el conocimiento previo de las operaciones que el dispositivo debe cumplir, se procede a escoger el conjunto electrónico o dispositivo para controlar el sistema mencionado. A primera vista se podría pensar en el diseño microelectrónico, teniendo como corazón de este dispositivo en primera instancia a un microcontrolador para conformar una especie de sistema embebido que proporcione la manipulación de una interfaz para ingreso de datos de usuario con lo que se entraría a considerar un *display* y un teclado adecuados. Dicho sistema, aparte de considerar la *HMI* (Interfaz Hombre Máquina), también debería tener en cuenta el manejo que el microcontrolador le puede dar a los elementos eléctricos y electrónicos industriales con que se cuentan, pues la mayoría de estos se encuentran constituidos para funcionar en ambientes pesados en términos de señales electromagnéticas indeseadas que puedan afectar el debido funcionamiento electrónico; esto se refiere mas que todo a que tipo de interfaces de potencia y control se deberían tener en cuenta entre el microcontrolador y los elementos a controlar.

Para lo que se describe en el anterior párrafo, he aquí las especificaciones técnicas de los elementos industriales que conforman las entradas y salidas del sistema:

- Motor DC:
 - Motor tipo Universal
 - Voltaje Nominal: 90 Vdc
 - Potencia Nominal: 0,5 HP

- Sensores Inductivos de Proximidad:
 - Distancia de detección: 4mm
 - Distancia de ajuste: 0- 3,2 mm
 - Tensión de alimentación nominal: 12 Vdc
 - Salida tipo NPN
 - Tensión residual a la salida: <1 V
 - Corriente de carga: 300 mA máx.
 - Led amarillo de indicación de salida(Se muestra en la figura 7)

- Encoder incremental *BEI H20*
 - Formato de salida: 2 canales en cuadratura
 - Pulsos por vuelta: 500
 - Voltaje de alimentación: 5 Vdc
 - Requerimientos de corriente: 100 mA + carga a la salida 250 mA(max)
 - Voltaje a la salida: 5 Vdc
 - Respuesta de frecuencia: hasta 100Khz
 - RPM's Máximas: 8000r.p.m.(Se muestra en la figura 8)

Figura 7. Sensor Inductivo *MicroCut Lcd Jr.*



Fuente: MICROSYSTEMS, Manual de operación del *C&P Microsystems MicroCut Lcd Jr.* 2009. p.3.

Figura 8. *Encoder H20 MicroCut Lcd Jr.*



Fuente: BEI industrial Encoders, Datasheet H20 Incremental encoder.

Con el servicio de estos instrumentos y la consideración del trabajo en un ambiente industrial, se toma como una fuerte consideración la utilización de un Controlador Lógico Programable ó más conocido por sus siglas en ingles *PLC*, debido a que hoy en día este tipo de dispositivos usados para el control presentan muchas ventajas para el desempeño de tareas que requieran solución electrónica en ambientes industriales tales como:

- Implementar funciones lógicas, de secuencia, de temporización, de recuento y funciones aritméticas.

- Diversidad de modelos de *PLC*, que van desde gama baja conocidos como *MICROPLC* para controles pequeños y de poca expansión, hasta los de gama alta o *PLC's* modulares usados en su mayoría en procesos que impliquen cientos y hasta miles de entradas, ampliaciones futuras de plantas y maquinaria e integración con controles súpervisorios de las empresas.
- Alta velocidad en el procesamiento de las señales que implique el proceso, pues a la hora de la construcción de los *PLC's* esta se hace basados en la fuerte noción del procesamiento en paralelo de las tareas este requiere desarrollar en la industria.
- Los *PLC's* avanzan enormemente en lo que respecta al manejo de las interfaces hombre máquina (*HMI*), pues son personas con poca capacitación técnica y de ingeniería las que operan las máquinas que controlan los *PLC's*, por lo que las interfaces que estos dispositivos ofrecen a los usuarios finales van desde teclados alfanuméricos, *displays LCD* monocromáticos con retroiluminación, hasta modernas pantallas táctiles o *TouchScreen* a color.
- Se acercan cada vez más a la versatilidad del manejo de memoria que ofrecen los microcontroladores usados en la industria, para aplicaciones que necesiten almacenamiento permanente de datos en memorias *ROM*.
- Su construcción se hace pensando en que los sistemas van a estar expuestos a niveles de interferencias electromagnéticas grandes generados por los diferentes tipos de cargas industriales, con lo que cuentan con ciertas protecciones para contrarrestar de manera parcial o total los efectos que pueden resultar perjudiciales para la constitución electrónica con que cuentan.
- El *PLC* ofrece variedad de alternativas para la comunicación con diferentes elementos como computadores, equipos de red, celulares, otros *PLC's*, variadores, controles digitales, entre muchos mas dispositivos; haciendo uso protocolos propios de cada marca ideados para la industria hasta protocolos estándar como *RS232/RS485*, *ethernet*, etc.

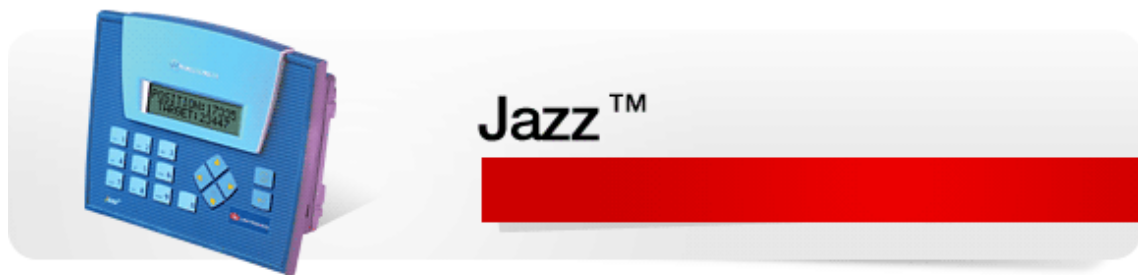
Teniendo en cuenta la sensórica y elementos a controlar, así como un amplio conocimiento de las ventajas que puede ofrecer un *PLC*, se decidió adoptar como núcleo de control para este dispositivo el mismo *PLC*, el cual debería cumplir con las características a continuación:

- Contar con manejo memoria de almacenamiento permanente, pues es allí donde se van a alojar los programas de corte que requieran los usuarios.
- Contar con un mínimo de cuatro entradas digitales para los sensores inductivos, una entrada especial de conteo rápido o alta frecuencia para la señal del *encoder* y cuatro salidas digitales para el manejo del motor de DC tipo universal.
- Ofrecer la posibilidad de implementar dispositivos de entradas y salidas alfanuméricas, dicho en otras palabras que cuente con la capacidad de adaptarle o conectarle un *display* para la visualización de las medidas que maneja el sistema y además permita la interacción al usuario para ingresar las medidas y entrar a las diferentes funciones mínimas que debe realizar el sistema por medio de un teclado, conformando estos dos elementos la interfaz *HMI*.

Acorde con los requerimientos anotados arriba, se toma como una alternativa fuerte los *PLC's* de la marca *Unitronics*, pues ofrecen una “gama baja” en estos dispositivos pero que a la vez permiten que sean una buena opción en la realización de tareas a pequeña escala como en el caso de este proyecto. En el rango de esta marca se han revisado los modelos económicos, que son los llamados gama baja: *Jazz*, es un micro *PLC* con interfaz hombre-máquina basada en solo texto, que puede ser usado para reemplazar ese viejo control con relés inteligentes al mismo bajo costo. Esta específicamente diseñado para el control de máquinas pequeñas y desempeñar de simples a medianas tareas de automatización. Este *PLC* ofrece la flexibilidad de la programación en *ladder* con una capacidad de almacenar 24Kb de este código, posibilidad de darle varias configuraciones a las entradas (análogas, digitales, temperaturas, conteos

rápidos), opciones de comunicación como *GSM/SMS*, acceso remoto y redes *MODBUS*. Por otro lado se puede encontrar la aplicación *HMI* con la que se puede diseñar hasta 60 pantallas de texto en las que se pueden desplegar hasta sesenta y cuatro (64) variables enteras del programa como fechas, datos de tiempos, contadores y datos de tiempo real del sistema.

Figura 9. Micro PLC Unitronics serie Jazz.



Fuente: UNITRONICS <http://www.unitronics.com/Series.aspx?page=Jazz>. 2009.

Los dispositivos de la marca *Unitronics* que integran el *PLC* con las interfaces hombre-máquina, ahorran el tiempo de programación, cableado y espacio que las *HMI* requerirían si se agregaran por aparte a otro *PLC* tradicional; además reducen costos por adquisición de *hardware* adicional y evitan el tener que gastar tiempo a la hora de comunicar dichos dispositivos con el *PLC*.

6.2.1 Adecuación de los elementos que involucran. Una vez con la decisión de realizar un diseño de control cuyo núcleo fuese el *PLC*, se entra a plantear las soluciones que van a hacer compatible la instrumentación y sensórica que se tiene en el diseño con éste último, por lo que las señales de voltaje digitales se deben acondicionar por una etapa electrónica previa antes de interactuar con el *PLC*, así:

- Sensores inductivos de proximidad: Entregan una señal de voltaje como salida digital

0 lógico = 0Vdc

1 Lógico = menos de 1 voltios (0,63Vdc típico)

Entonces se deben amplificar a niveles digitales de voltaje que los *PLC*'s entienden en sus entradas

0 lógico = 0Vdc

1 Lógico = 12-24Vdc

- *Encoder*: Este instrumento genera unos pulsos que como en las especificaciones técnicas se dijo van de 0-5Vdc, entonces se pasa esta señal también por una etapa de amplificación para que estos pulsos tengan una amplitud de 24Vdc y así la entrada de conteo rápido del *PLC* los pueda reconocer.

Así mismo el diseño del sistema cuenta con la creación de una fuente de alimentación adecuada para suministrarle la potencia necesaria al motor de corriente directa. El diseño está basado en el concepto tradicional de las fuentes de poder de corriente directa que incluye una etapa de transformación de un nivel de voltaje de alterna suministrado por la red eléctrica local, a un nivel bajo para la aplicación (110Vac / 48Vac con derivación de 12Vac), como siguiente etapa se cuenta con un puente rectificador de diodos de onda completa con el que resulta ya un voltaje de corriente directa y finalmente se tiene una etapa de filtro pasabajos ejecutada por un condensador de considerable capacidad, obteniendo el voltaje de corriente directa aproximadamente constante con un porcentaje de rizado bajo.

Con dicha fuente ideada para alimentar el motor, que es el sistema o planta sobre el que se van a aplicar las decisiones de control, el circuito que a continuación sigue para ser diseñado es el actuador, que va a aplicar los voltajes y corrientes de potencia que se requieren para obtener la actuación física deseada por parte de el motor.

Aquí se debe tener en cuenta el deseo en que el motor maneje dos velocidades discretas que serán designadas como alta y baja, teniendo la baja velocidad para uno solo de los sentidos de giro.

Para el manejo del motor que no se hace directamente con las salidas *PLC*, se hace uso de una interfaz de potencia para la actuación sobre motores de corriente directa, el puente H. Estas interfaces tienen un principio de funcionamiento sencillo que consiste en conmutar la fuente de directa a los bornes de la carga para que la corriente fluya a través de ella en los dos sentidos, así en un motor con este funcionamiento se logra que pueda ejercer su rotación en los dos sentidos. Dicho puente H tiene una modificación adicional que consiste en la adición de otro voltaje de directa, para lograr que en uno de los sentidos se pueda contar con otra velocidad, ya que el motor universal varía su velocidad si se cambia el voltaje de excitación.

En este puente H se hace uso de elementos de electrónica de potencia: transistores de potencia complementarios usados en sus zonas de corte y saturación, y dispuestos en configuración *Darlington*.

Los detalles y especificaciones de los circuitos que se han descrito en la sección presente, serán presentados en el siguiente capítulo con sus respectivos esquemáticos.

7 SELECCIÓN DE ELEMENTOS MICRO CUT

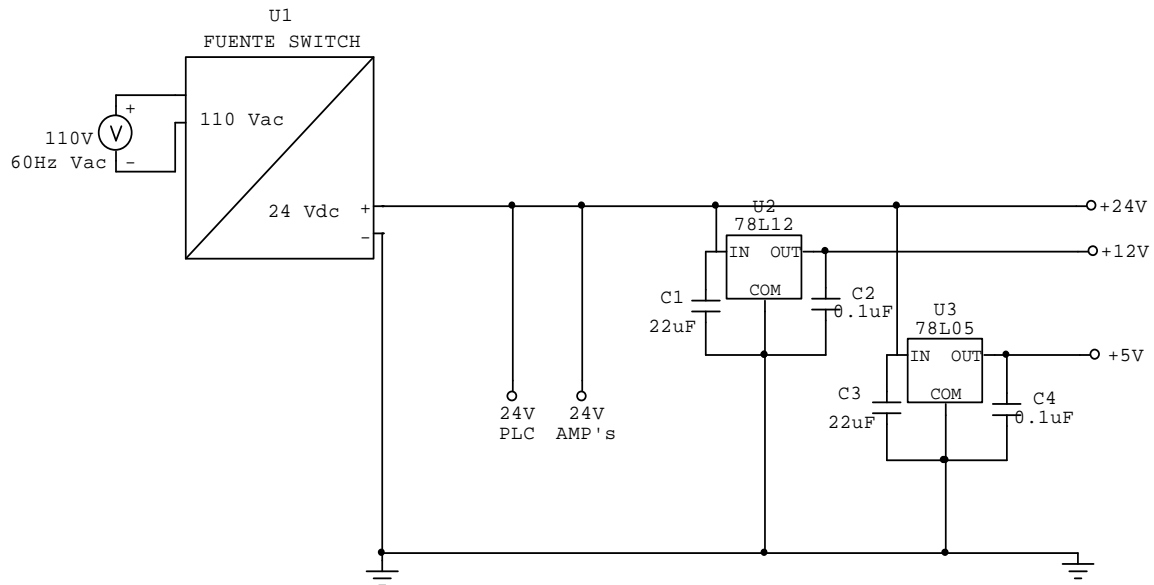
Según los criterios de diseño del sistema *MicroCut* descritos en la anterior sección, se presentan a continuación los elementos que conforman el prototipo, interactuando todos en los circuitos necesarios para lograr el conjunto deseado.

7.1 UNIDAD DE CONTROL

Elemento que constituye el procesamiento y núcleo del control; dicho protagonista que cumple con capacidad de conteo veloz para el *encoder*, capacidad de soporte y facilidad de manejo de *HMI*, además de buen comportamiento en ambientes industriales con contaminación electromagnética, e incluyendo todas las capacidades ampliamente expuestas anteriormente, se elige el *PLC Unitronic Jazz*, de dicho *PLC* se tiene la tabla de resumen de especificaciones técnicas como ANEXO 4.

Para el uso de este dispositivo se necesita una fuente de corriente directa con una salida de voltaje de 24Vdc, por lo cual se adquiere una fuente *switching* muy bien regulada, la cual puede entregar 1.5A, y que también fue usada para proveer la adecuación a 24Vdc de los sensores que constituyen las entradas. El esquema de alimentación que ofrece esta fuente es el que se muestra en la figura 10.

Figura 10. Esquemático fuente de poder para PLC y entradas.



7.2 ACONDICIONAMIENTO DE SEÑALES DE ENTRADA

Los sensores inductivos entregan señales del orden de los cientos de milivoltios, según las características eléctricas entregadas por su fabricante, entonces para que dichas señales puedan ser capaces de estimular las entradas configuradas de forma *NPN* de la unidad de control, se decide que una muy buena opción para la solución de este problema, era el uso de una etapa de amplificación de la señal para así poder obtener la señal digital que necesita el *PLC* en niveles de 0Vdc y 17-28Vdc. Para lograr esto se hizo uso de los reconocidos amplificadores operacionales con referencia comercial *LM324*, dispuestos en la modalidad de amplificador no inversor, en donde cabe resaltar a continuación la teoría del factor de amplificación que aplica para estos,

$$V_{out}(v) = V_{in} \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) \quad (1)$$

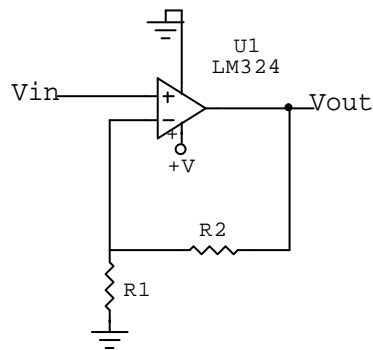
Donde:

V_{in} (v): Voltaje de entrada

V_{out} (v): Voltaje de salida

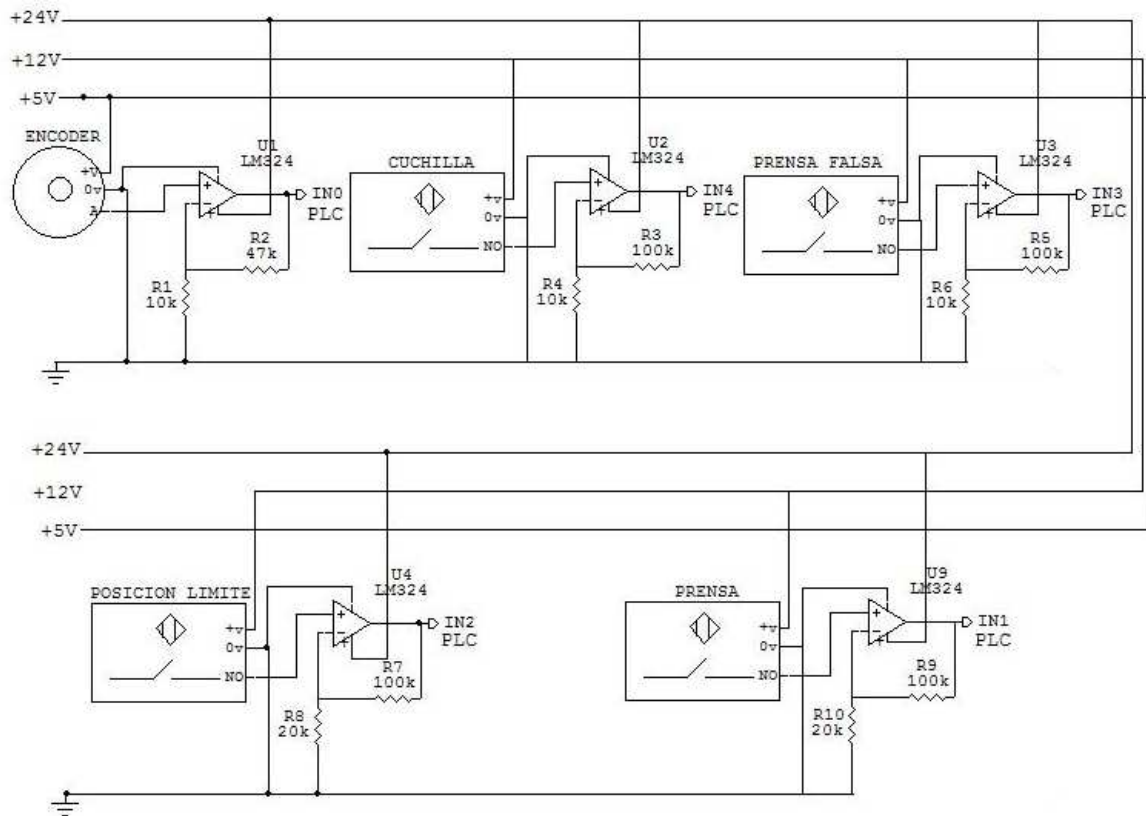
R_1 y R_2 (Ω): Resistencias

Figura 11. Esquemático de un amplificador no inversor.



El circuito con todos los amplificadores no inversores para las entradas (sensores inductivos y *encoder*) para esta aplicación, presenta el siguiente esquema:

Figura 12. Esquemático de etapa de amplificación de entradas.



Según el esquemático anterior cabe afirmar que, los elementos transductores de naturaleza inductiva (sensores de proximidad) y óptica (*encoder*) son energizados según las especificaciones eléctricas, y son alimentados de la misma fuente que el *PLC*, pues el consumo de potencia de todo el conjunto no excede los 900mW.

7.3 FUENTE DE PODER PARA EL MOTOR UNIVERSAL

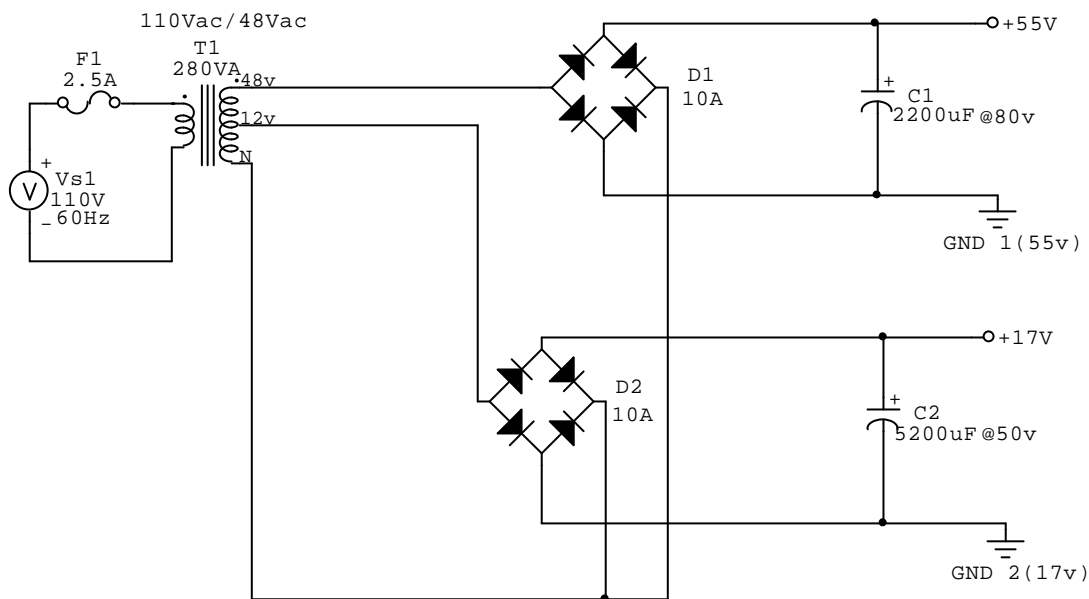
El motor Universal de directa según datos necesita que una fuente de poder que suministre 48 voltios de corriente directa, con los cuales la corriente que se le exige en este punto son unos 6 amperios aproximadamente, y considerando que

en la fase de arranque a este voltaje pleno, la naturaleza inductiva de la carga puede generar unos picos de corriente de hasta 8 amperios de corriente directa.

Con estos datos se adquiere un transformador de 280VA que cuenta con una derivación de donde se obtiene 12Vdc usados para la baja velocidad anteriormente mencionada.

Luego de la etapa de transformación del voltaje de la fuente, se requieren elementos para la rectificación y el filtrado que soporten los niveles de voltaje que deben suministrarle al motor, así como la corriente que debe circular por ellos cuando están en condiciones de plena carga, teniendo como criterio el soporte de un 30% mas del valor nominal de corriente y tensión. En el esquemático de la figura 13 se muestra las características de los elementos escogidos.

Figura 13. Esquemático de fuente de poder para motor.



Si se observa en el esquemático de la fuente, se puede notar como los nodos de referencia 0 voltios o *GND's* de los dos niveles de tensión de directa obtenidos al final, deben ser tomados separadamente, y no pueden conmutarse en ninguna

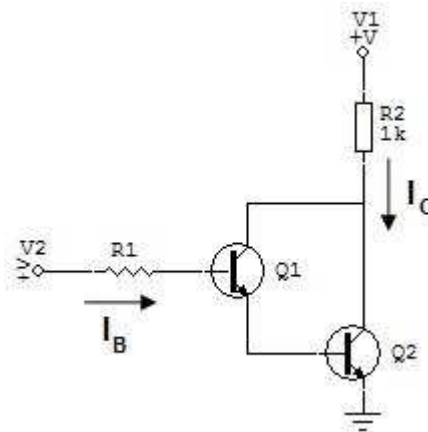
parte donde vayan a ser usados los voltajes a los que están referidos. Esto se debe a que en la etapa de transformación comparten el mismo neutro y luego cuando ambos puentes rectificadores están rectificando el ciclo negativo de la onda de alterna, el neutro se encuentra a la máxima tensión del transformador que en este caso serían 48V y si los dos condensadores de la etapa de filtrado tienen la misma referencia, ambos se cargarían a esa máxima tensión de 48V. Por ello mas adelante se podrá ver que se decide controlar por medio de un relevo electromagnético, cuando se usa la referencia de cierta fuente, la *GND 1* correspondiente a los 55Vdc o la *GND 2* que hace referencia a los 17Vdc.

7.4 PUENTE H CON TRANSISTORES BJT

Los actuadores en los sistemas de control de procesos sean continuos o discretos, son uno de los retos mas grandes que se pueden tener a la hora de escoger los elementos que lo van a conformar. Para este caso tratándose del control de un motor universal, dentro de un proceso que no exige un control de tiempo continuo para la velocidad, si no que la actuación de éste consiste en el avance y el retroceso, el puente H es el adecuado. Esta basado en transistores de unión bipolar o *BJT* que como ya se ha comentado, están operando en sus zonas de corte y saturación, comportándose como interruptores que conmutan la tensión que necesita el motor para que gire en los dos sentidos.

Con el fin de poder manejar la corriente que exige la carga, se usan dos transistores *BJT* para cada parte del puente H que se comporta como interruptor, en configuración *Darlington*, con lo cual se obtiene mayor factor de ganancia de corriente entre la base y el colector del “supertransistor” que resulta de esta configuración. Se hace a continuación un énfasis en lo que consiste la configuración *Darlington* y el comportamiento como interruptor que puede ofrecer:

Figura 14. Circuito transistores en *Darlington* operando como interruptor.



$$\beta_D = \beta_{Q1} \times \beta_{Q2} \quad (2)$$

$$\beta_{sat} = \frac{\beta_D}{3} \quad (3)$$

$$I_C = \beta_{sat} \times I_B \quad (4)$$

$$V_2 (v) = I_B \times R_1 + V_{BE-Q1} + V_{BE-Q2} \quad (5)$$

$$V_{BE-Si} (tipico) = 0,7v$$

donde:

β_D : Beta o factor de ganancia en configuración Darlington

β_{Q1} : Beta o factor de ganancia del transistor Q1

β_{Q2} : Beta o factor de ganancia del transistor Q2

β_{sat} : Beta o factor de ganancia que asegura la zona de saturación del transistor

$I_C(A)$: Corriente por el colector

$I_B(A)$: Corriente por la base

$V_2(v)$: Voltaje o tensión para control de conmutación del transistor

$R_1(\Omega)$: Resistencia de base

$V_{BE-Q1}(v)$: Voltaje necesario en la unión base-emisor del transistor Q1

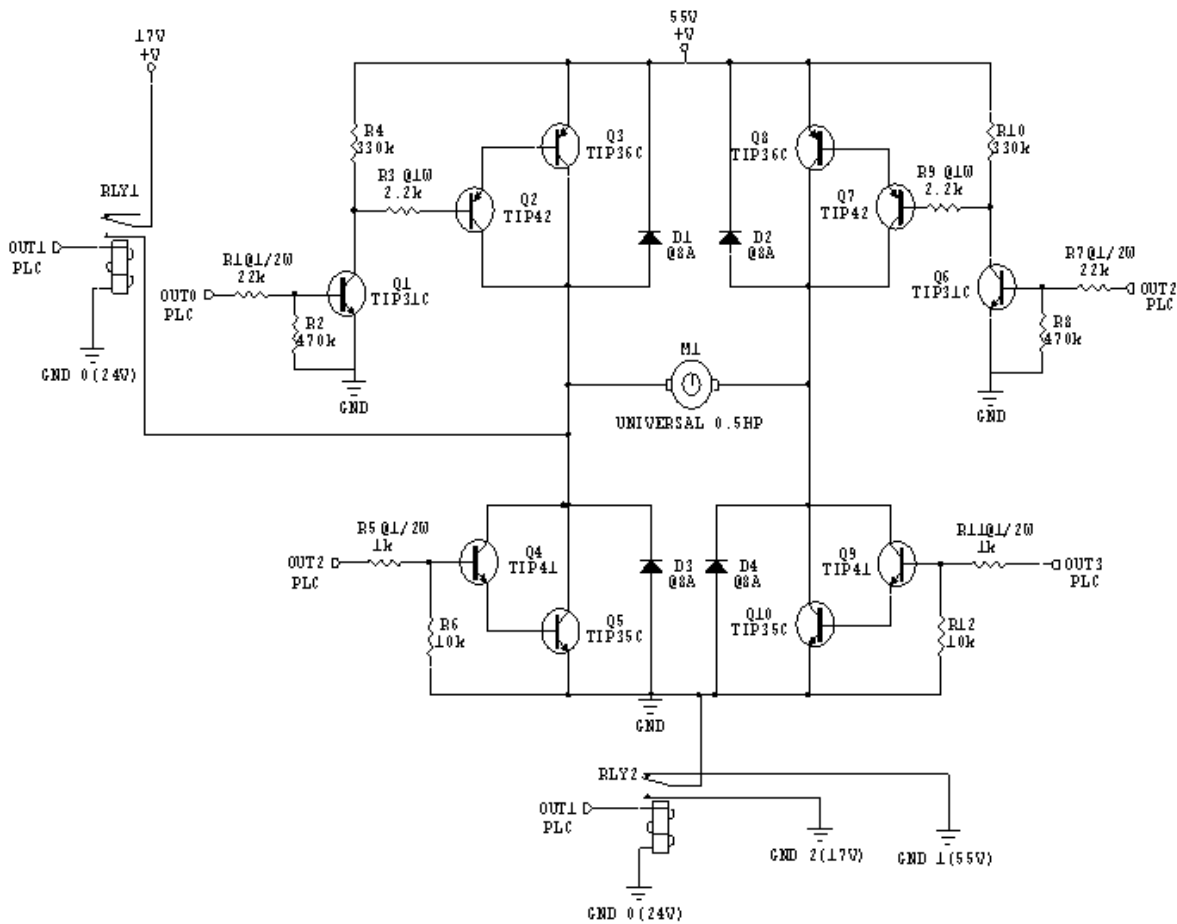
$V_{BE-Q2}(v)$: Voltaje necesario en la unión base-emisor del transistor Q2

El conjunto de ecuaciones hacen referencia a las condiciones eléctricas que debe cumplir el circuito para lograr la función de *switch* del transistor *Darlington*. Es

ilustrado en el caso de transistores *NPN*, pero rigen las mismas ecuaciones para el caso de transistores *PNP*, solo que teniendo en cuenta que las corrientes van en sentido contrario.

En la figura 15 se muestra el esquemático que finalmente se diseñó, con los valores nominales de los componentes; de los cuales es pertinente resaltar algunas de las características de los transistores usados, *TIP35c (NPN)* y *TIP36c (PNP)* como los transistores de la configuración *Darlington* que soportan la corriente de la carga, los cuales pueden soportar corrientes de colector de hasta 25 amperios, los cuales resultan muy adecuados para esta aplicación; pues se habían probado transistores que soportaban hasta 10 amperios por el colector, y con los 6 amperios de la carga no soportaban el aumento de temperatura que se presenta con las corrientes sobre los semiconductores, entrando en carrera térmica, con lo que terminaban quemados.

Figura 15. Esquemático del puente H para el motor de DC.



Observando el anterior circuito se puede apreciar lo que en la sección de selección de los elementos que conforman la fuente de poder para el motor hizo la aclaración acerca de las referencias para las fuentes de 55Vdc y 17Vdc, para las cuales se dispuso un relevo (que aparece en la parte inferior del esquema con la designación *RLY2*) que conmuta la tierras *GND 1* y *GND 2* respectivamente, cuando se necesite según una salida del *PLC* que permite cambiar entre las dos velocidades, baja o alta.

En el circuito se aprecia también unos diodos en paralelo a los *switchs* que conforman los transistores, los cuales fueron dispuestos para manejar la corriente que exige el motor, y sirven para proteger los transistores, debido a los posibles comportamientos del motor como generador cuando se cambie el sentido de giro

del mismo, comportamiento que puede dar lugar a la aparición de peligrosos picos de corrientes en sentido inverso a los que puede conducir el colector de los transistores.

Por otro lado, cuando se tienen puentes H es muy importante tener cuidado en no conmutar al mismo tiempo por ejemplo con los transistores Q3 y Q5 del esquema, para no provocar cortos circuitos de la fuente y destrucción de los transistores. En este caso como la conmutación de los transistores esta a cargo del *PLC*, en las líneas de código *ladder* se tiene enclavamiento entre las salidas para evitar un posible daño como el descrito.

8 PROGRAMACIÓN DEL PLC MICROCUT

El PLC Jazz de la marca *Unitronics* cuenta con un software llamado *U90 Ladder*, que corre bajo las plataformas de *Microsoft Windows 200/Xp/Vista*, puede ser descargado de manera gratuita de la pagina en Internet del fabricante² y ofrece un entorno gráfico muy amigable para el usuario desarrollador de aplicaciones *ladder* que son entendidas por estas unidades de control y el desarrollo de interfaces para operario.

Esta sección se ocupa primordialmente en cómo se maneja en este entorno gráfico la memoria y la interfaz gráfica que ofrecen esta serie de controladores lógicos programables de la marca *Unitronics*, pues el resto de la lógica de control y operación se desarrolla por medio de *ladder*, que es un lenguaje muy conocido y altamente difundido por su semejanza con los planos de control electromagnético industrial, por lo que no es de mucha relevancia hacer énfasis en esta parte de la programación.

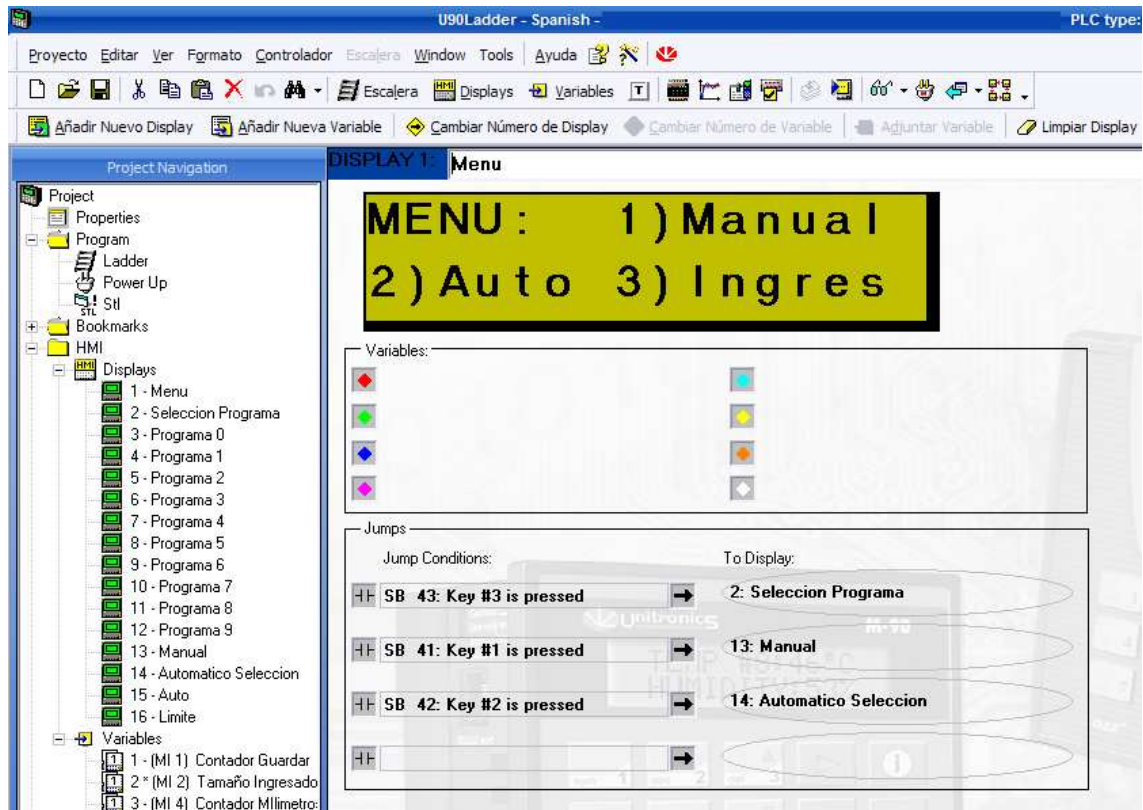
² UNITRONICS [en línea] <Inicial Disponible en: <http://www.unitronics.com/Content.aspx?page=Downloads&CatId=3>> [consulta: 20 Abr. 2009]

8.1 DESARROLLO DEL HMI EN EL PLC

El entorno de desarrollo *U90* para el manejo del panel de operario que incorpora la unidad de control, es muy sencillo de manipular y usar. Para iniciar con el desarrollo de las pantallas que se van a mostrar para la operación del sistema, este entorno de desarrollo nos presenta en la parte derecha de su ventana, una subventana que muestra los aspectos de la aplicación, tales como propiedades, diagrama *ladder*, *HMI*, entradas y salidas, variables, entre otras opciones.

Para el objetivo de crear paneles de operación, lo que se debe hacer es seleccionar la carpeta del navegador de proyecto llamada *HMI*, que a su vez despliega otra opción etiquetada *Display*, la cual se selecciona para crear un nuevo pantallazo, cuya estructura aparecerá en la parte derecha del entorno de desarrollo. Esto se ve ilustrado en la figura 16 que muestra como ejemplo la pantalla *Menú* del sistema *MicroCut* en tiempo de diseño.

Figura 16. Ventana de diseño de pantallas en el M90.



La anterior figura muestra la estructura de la pantalla con que cuenta esta serie de controladores lógicos programables, que es una pantalla de cristal líquido con retro iluminación de 2 líneas por 16 caracteres cada una. Aquí se muestra que en este primer pantallazo de la aplicación *MicroCut* que es el Menú, solo aparece texto, pero también se pueden agregar variables donde el *PLC* almacena y controla datos del programa, como se muestra en la figura 17, y donde los símbolos numeral (#) que aparecen en el *LCD* indican que ese es el espacio en donde se despliega el valor que posee la variable,

Figura 17. Ventana con la visualización en LCD de variables de programa



Así como también dispone de una serie de saltos condicionados para cambios de pantalla, que se pueden ejecutar de dos maneras:

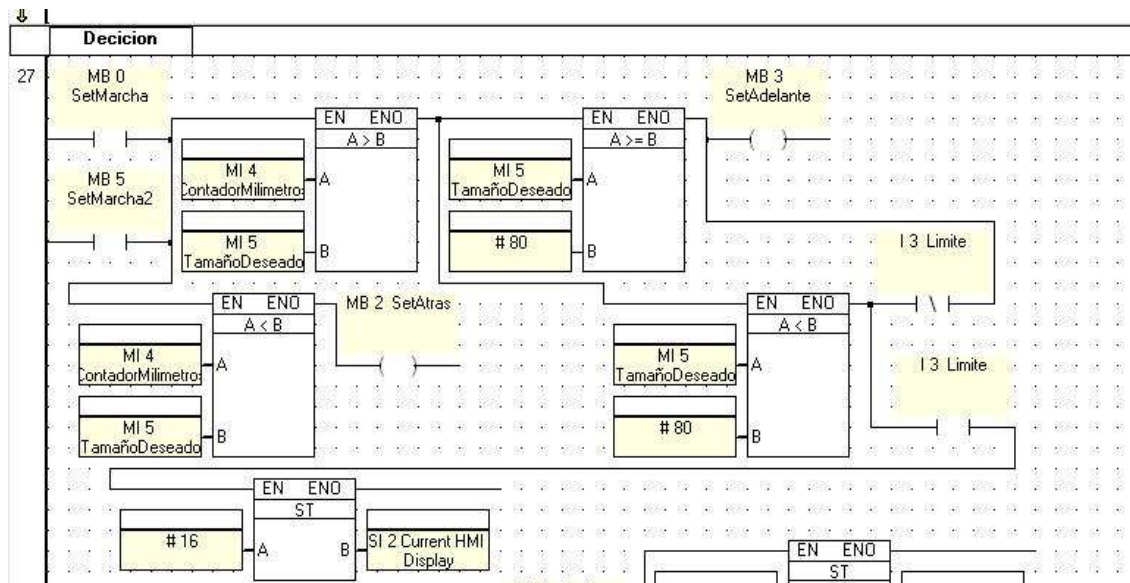
- a. La primera forma se da cuando el usuario u operario presionan cierta tecla del teclado superficial que el controlador incorpora.
- b. La segunda manera es escribiendo el número de la pantalla que se quiere en una variable interna del controlador que contiene precisamente el número del pantallazo que se muestra, según una condición determinada ya sea debido a las entradas o alguna operación que se dé en el flujo de programa que se esté ejecutando.

Las siguientes figuras ilustran respectivamente en que parte del entorno de desarrollo U90, se hace el diseño de los saltos condicionales para el cambio entre pantallas existentes,

Figura 18. Salto condicionado entre pantallas por teclado.



Figura 19. Salto condicionado entre pantallas por *ladder*.

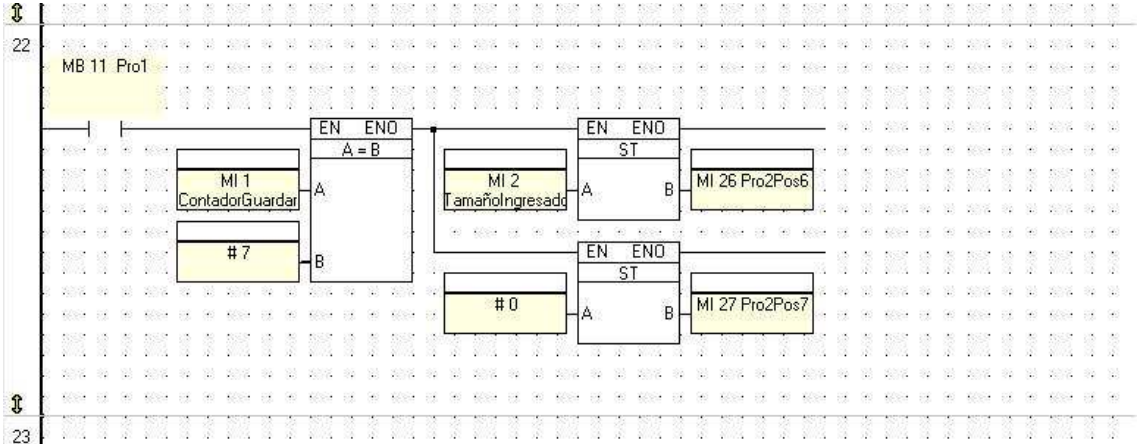


8.2 MANEJO DE LA MEMORIA ESTÁTICA

En el desarrollo de la aplicación de control que se realiza para el sistema *MicroCut*, la herramienta de programación *U90* facilita el manejo de memoria para almacenar los programas de corte que se requerían, pues el dispositivo cuenta con el almacenamiento directo de memoria, con lo cual es simple saber siempre a

cual posición de memoria es que se están enviando los datos que en el caso son las medidas que lleva el programa de corte, con lo que es también sencillo saber a dónde apuntar cuando se quiera acceder a esos datos, como se muestra a continuación la función que permite escribir en la memoria en *ladder*,

Figura 20. Bloques de función en ladder para manejo de memoria.



9 MANUAL DE OPERACIÓN MICRO CUT

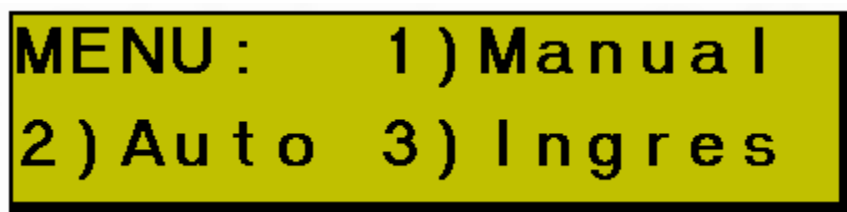
9.1 ENCENDIDO

Para encender la máquina, oprimir el botón de encendido general del sistema de corte programado o *MicroCut*, con el que se provee de energía eléctrica a todo el sistema. En este momento la fuente de poder del motor queda inmediatamente energizada, mientras que la unidad de control toma un tiempo de aproximadamente 2 a 3 segundos para iniciar su operación.

Una vez la unidad de control se enciende, inicia una etapa automática de calibración, que consiste en el movimiento de la escuadra hasta el punto inicial de la mesa, operación que transcurre entre 2 y 5 segundos dependiendo de la posición inicial en que se encuentra la escuadra.

Luego del encendido de la máquina la pantalla del panel muestra un menú con que contiene los modos de operación, donde se debe presionar el número del modo al que se desea ir como se muestra a continuación

Figura 21. Pantalla Menú principal.



MENU : 1) Manual
2) Auto 3) Ingres

9.2 OPERACIÓN MANUAL

Una vez en este modo, en la pantalla se muestran dos líneas, en la parte superior se despliega el texto posición deseada y donde en frente se introducirá la medida en milímetros (mm) a la que se desea que llegue la escuadra, siguiendo los pasos:

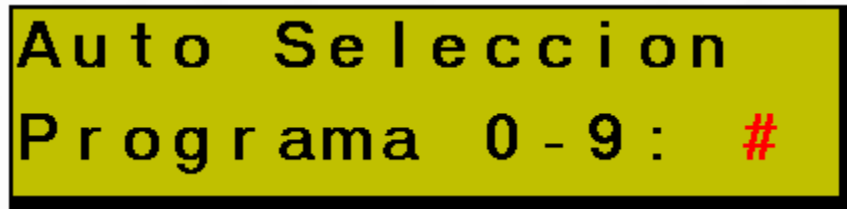
- a. Presionar en el teclado los números que componen la medida en milímetros a la que desee mover la escuadra
- b. Presionar la tecla etiquetada con *Enter*
- c. Si la medida que se introduce esta dentro del rango de 0 a 860 mm, se observa el movimiento de la escuadra

Con el movimiento de la escuadra, la segunda línea en la pantalla muestra la posición actual de la escuadra, y en frente se despliega un número que indica el valor en milímetros de este dato el cual va variando hasta llegar a la posición deseada introducida.

9.3 OPERACIÓN AUTOMÁTICA

Cuando se escoge la opción Auto del menú principal, se muestra en el panel de control la siguiente pantalla

Figura 22. Pantalla Selección Automática.



Aquí el sistema espera a que se le introduzca un número de programa de corte por medio del teclado, que esté entre los números del cero al nueve y que haya sido previamente llenado con medidas por medio de la opción número tres del menú principal *Ingres*, que se explicará más adelante. Luego de introducido el número del programa, se presiona la tecla *Enter*. Inmediatamente el *LCD* muestra otra pantalla que muestra el estado del avance del programa de corte, mostrando la posición a la que se desea ir y la posición actual, así como el índice que indica cual es el número de posición en el que se encuentra el programa.

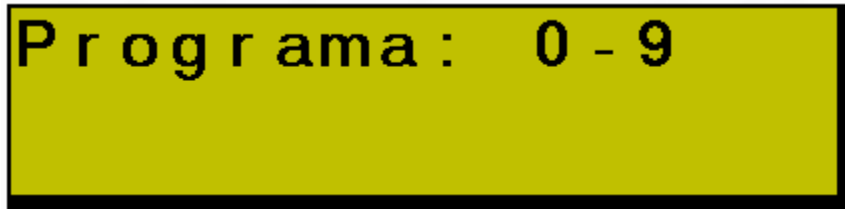
El programa automático cambia la medida de la posición deseada, solamente cuando se ejecuta el corte por parte de la cuchilla de la Máquina Guillotina, llevando a cabo un máximo de 10 posiciones deseadas diferentes de 0 mm.

9.4 INGRESO DE MEDIDAS DE PROGRAMAS DE CORTE

Seleccionada la opción número tres del menú principal, se encuentra con la pantalla de ingreso de las medidas de cada uno de los 10 programas de corte, cada programa con la capacidad de almacenar diez dimensiones diferentes en milímetros de 0 a 864. Se siguen los pasos:

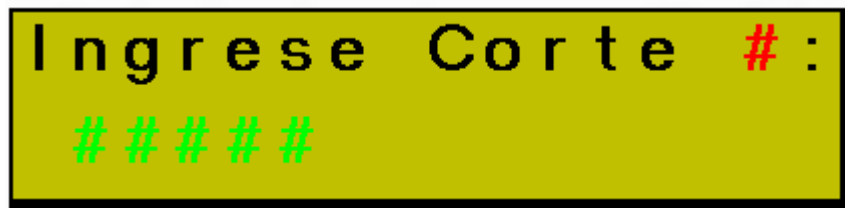
- a. Se debe escoger el número de 0 a 9 que indica cual es el programa de corte al que se le quieren asignar las dimensiones, seguido de la tecla *Enter*.

Figura 23. Pantalla opción de Ingreso de medidas.



- b. Luego la pantalla va mostrando que ingresará la medida numero X (de cero a nueve) del programa de corte Y (de cero a nueve también, pero seleccionado como se describió anteriormente) y que para confirmar dicho ingreso se presiona la tecla *Enter*.

Figura 24. Pantalla Ingreso de medida.



- c. Ingresar las medidas hasta completar las 10 que permite cada programa de corte, o si no se desean ingresar las diez dimensiones en total, simplemente se introduce el número cero (0) en cierta posición; maneras con las cuales se sale de la opción de ingreso hacia el menú principal.

CONCLUSIONES

La automatización del sistema de corte y de colchón de aire por medio de sistemas modernos como el *PLC*, y complementado con actuadores y demás dispositivos de vanguardia en la industria, permite lograr resultados óptimos y de calidad para la industria, tanto por el producto como por el tiempo de su implementación.

El sistema de eléctrico y de control implementado en la máquina guillotina permite aumentar su vida útil y favorece la confiabilidad en el funcionamiento de la misma, siendo entonces éste un trabajo que cumplió con las expectativas que la empresa Ofigraf tenía.

El sistema de control de avance o control para las medidas de corte, *MicroCut*, cumple con las exigencias de la industria litográfica en cuanto a mejoramientos de tiempos con respecto a los viejos sistemas manuales, en donde el operario manipulaba el motor por medio de un pulsador midiendo con instrumentos manuales donde dejaba la escuadra, y una vez lograda la medida ejecutar el corte, procedimiento que además de engorroso, llevaba tiempos considerables. Con lo que estos modernos sistemas de control permiten el desempeño automático de esas viejas tareas, ahorrando tiempo y brindando eficiencia del proceso.

Con el control capaz de almacenar las medidas de los cortes que el operario requiera o los mas típicos que requiera la industria litográfica, el prototipo *MicroCut*, le ahorra a los propietarios de las máquinas sobre las que se aplican, tareas de documentación física para cada operario que llegue acerca de las necesidades de corte para un trabajo determinado, pues todo esta información queda perfectamente guardada e identificada en la memoria que brindan los dispositivos electrónicos de control, que son el cerebro y núcleo de sistemas embebidos como el desarrollado en este proyecto.

RECOMENDACIONES

En el prototipo del sistema de corte programado o sistema *MicroCut*, una muy buena opción sería la modificación del manejo de velocidad que se le da al motor que mueve la escuadra. Para los objetivos de este proyecto, el sistema funciona de manera adecuada; el manejo de dos velocidades discretas, una lenta y una rápida para el avance, y en el retroceso una velocidad igual a la que tiene el avance rápido, pero considerándose como mejor opción un control de velocidad por modulación de ancho de pulso *PWM*. Con esto se lograría una mejor respuesta de tiempo, pues sí se tiene una curva de desaceleración más suave cuando la escuadra se encuentre cerca de su destino, en ambos sentidos, y no tan brusca como se presenta con velocidades discretas como las actuales, la escuadra no tendría que gastar tiempo retrocediendo u avanzando para encontrar su destino. Para lograrse este cambio se debería adquirir un *PLC* más veloz, que permita implementar la función de *PWM*, además de un puente H con transistores de conmutación más rápida, como lo es en el caso de los transistores *MOSFET*.

BIBLIOGRAFIA

ANGULO USATEGUI, José Ma.. Electrónica digital y microprogramable. Madrid: Thomson, 2007. 263p.

GÓMEZ ARISTIZÁBAL, Diana Carolina. Fundamentos de los sistemas de control eléctrico aplicados a los motores eléctricos y a la solución de automatismos lógicos. Medellín, 2005, 567 p. Trabajo de grado (Ingeniero Electrónico). Universidad Pontificia Bolivariana. Facultad de Ingeniería Electrónica. Área de Automática.

LATHI, Bhagwandas.. Modern digital and analog communication systems. 3^{ra} ed. New York: Oxford University Press, 1998. 260p.

MITSUBISHI ELECTRIC [en línea] <Inicial Disponible en: http://www.mitsubishiautomation.com/products/microcontrollers_software.html?distributor=0> [consulta: 10 Ene. 2009]

PARK, John y MACKAY, Steve. Practical Data Acquisition for Instrumentation and Control Systems. Oxford: Elsevier, 2003. 326p.

PARR, E. A.. (2003). Programmable controllers: an engineer's guide 3 ed. Oxford: Newnes, 2003. 448 p.

UNITRONICS [en línea] <Inicial Disponible en: <http://www.unitronics.com/Content.aspx?page=Downloads&CatId=3>> [consulta: 20 Abr. 2009]

ANEXO 1
MANUAL DE OPERACIÓN Y ESPECIFICACIONES
MÁQUINA GUILLOTINA

1. OPERACIÓN

El sistema de control se energiza, habilitando el interruptor numero 1 (**Int1**) de seguridad (que se muestra en la figura 1), con este paso es posible proceder a la función corte o a la manipulación manual de la cuchilla para el cambio de la misma.

Para la habilitar el corte, primero se enciende el motor principal accionando el **Int2** tipo perilla, es necesario esperar aproximadamente 10 segundos para que el control realice la variación entre el arranque estrella-delta y el motor alcance la velocidad nominal, inmediatamente después de esto la máquina se encuentra lista para realizar cortes.

El corte se realiza solo si se accionan los **Int3** y **Int4** tipo pulsador al mismo tiempo. Sí el sensor infrarrojo detecta intrusión al campo de corte, la cuchilla se detiene inmediatamente. Para volver a habilitar el corte es necesario que el operario accione de nuevo los dos pulsadores. El corte se puede interrumpir también cuando la cuchilla esta bajando, sí el operario deja de accionar uno de los dos interruptores tipo pulsador; cuando la cuchilla sube, el recorrido se realiza automáticamente hasta llegar al punto inicial, sin necesidad de la habilitación de los pulsadores y se interrumpe solo si el sensor infrarrojo se detecta.

La prensa baja siempre que el operario presione el pedal, y durante el corte la máquina acciona la prensa con mayor presión antes que la cuchilla entre en movimiento.

Para el colchón de aire, accionar el **Int5** tipo perilla y el **Int61** tipo palanca se habilita hacia la izquierda. Para apagar el sistema solo se interrumpe por medio del Int5.

Para el cambio de la cuchilla o la manipulación de la cuchilla manualmente se acciona el **Int7** tipo perilla (en la figura 2) y el **Int62** tipo palanca. Esto deshabilita el motor principal. Para desacoplar la cuchilla se deshabilita el Int6, pero es necesario tener en cuenta dejar la cuchilla en posición inicial, como lo muestra la figura 3.

El interruptor 8 (Int8) enciende la lámpara de la mesa de trabajo.

Figura 1. Disposición de los Interruptores.

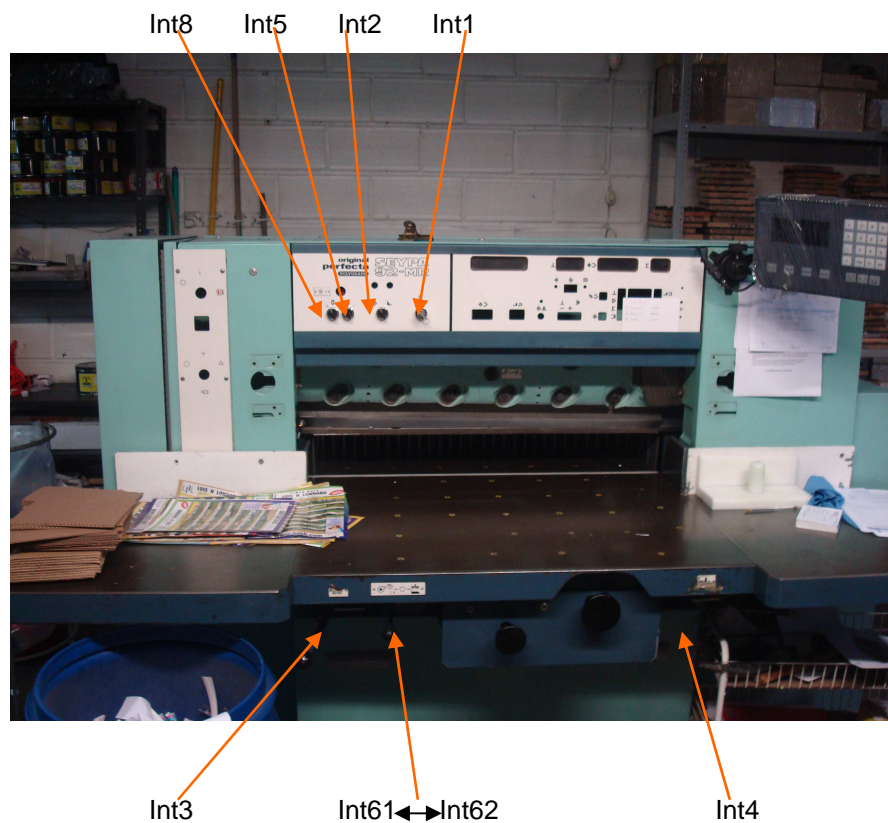


Figura 2. Interruptor tipo perilla para operación manual de cuchilla.

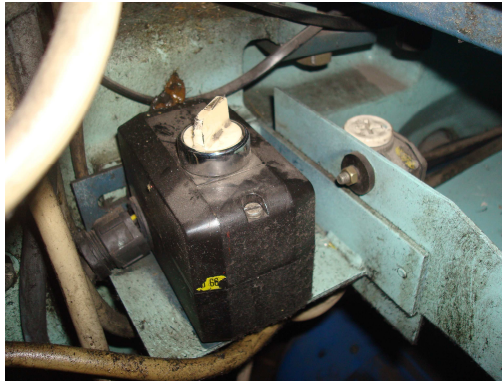
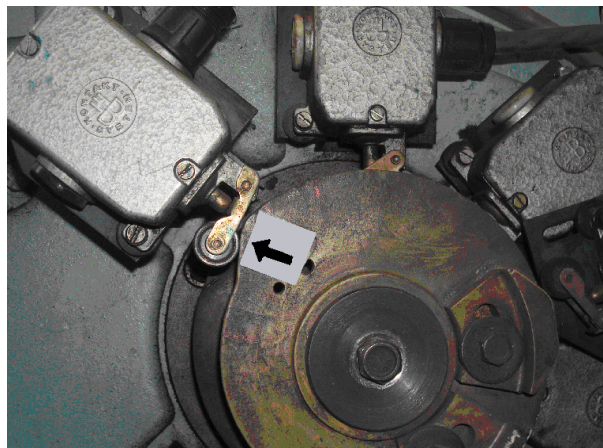


Figura 3. Punto inicial para la cuchilla.



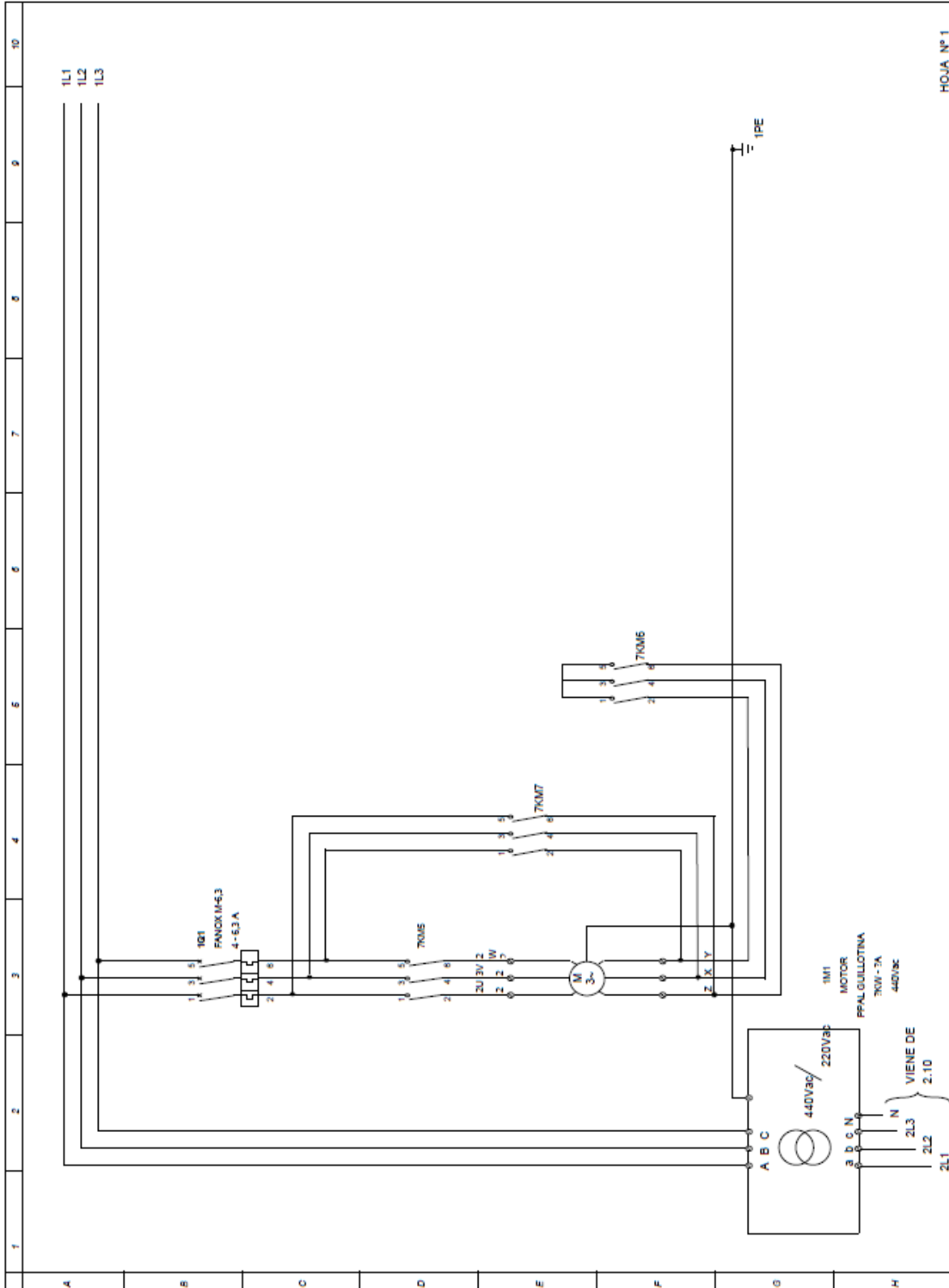
2. MANTENIMIENTO

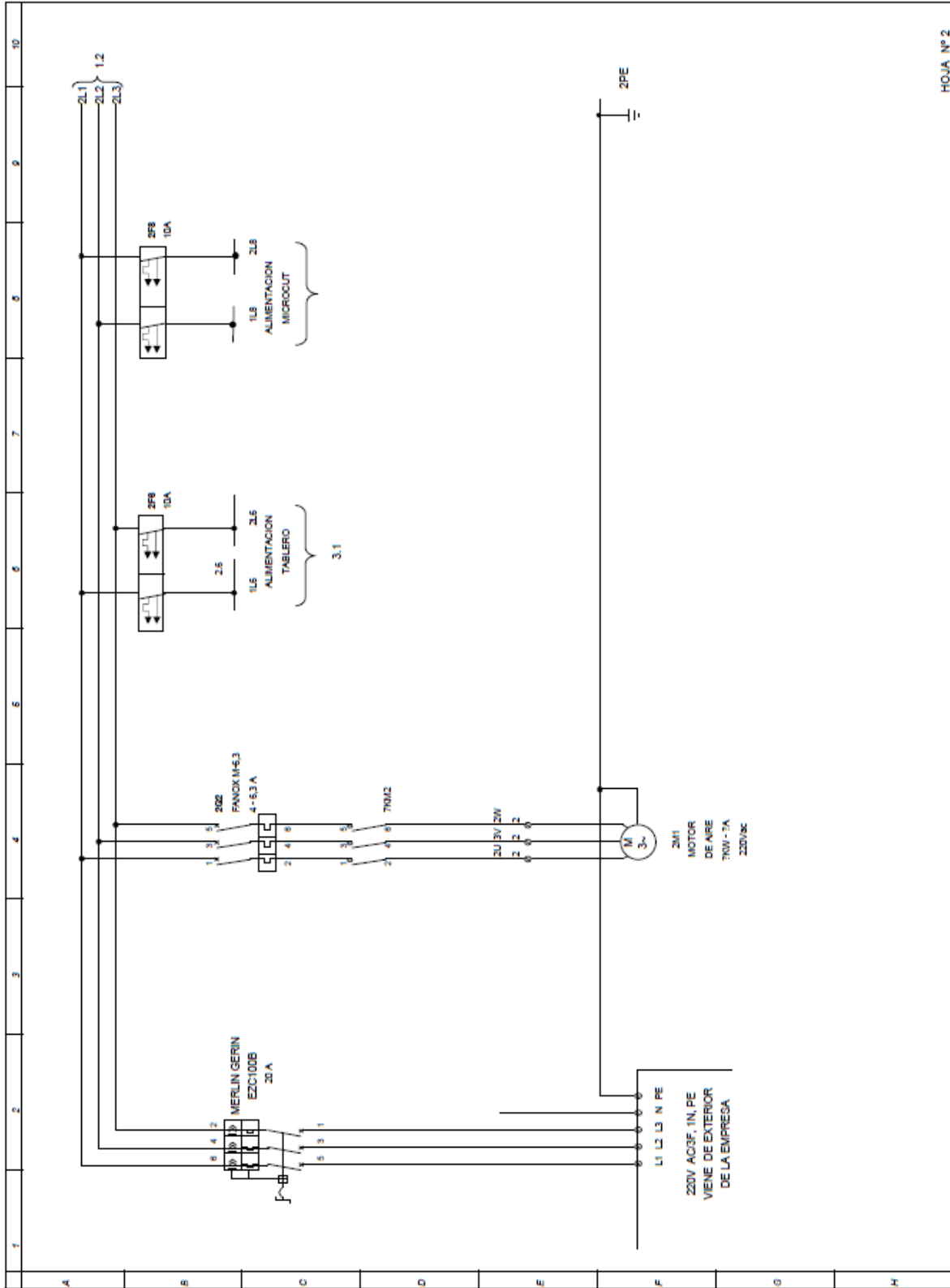
Ante cualquier tipo de intervención técnica al sistema eléctrico-mecánico y de control, esta debe ser realizada por personal calificado y es necesario que el mismo haya estudiado bien el presente manual o la tesis relacionada, para el entendimiento y una correcta manipulación del sistema.

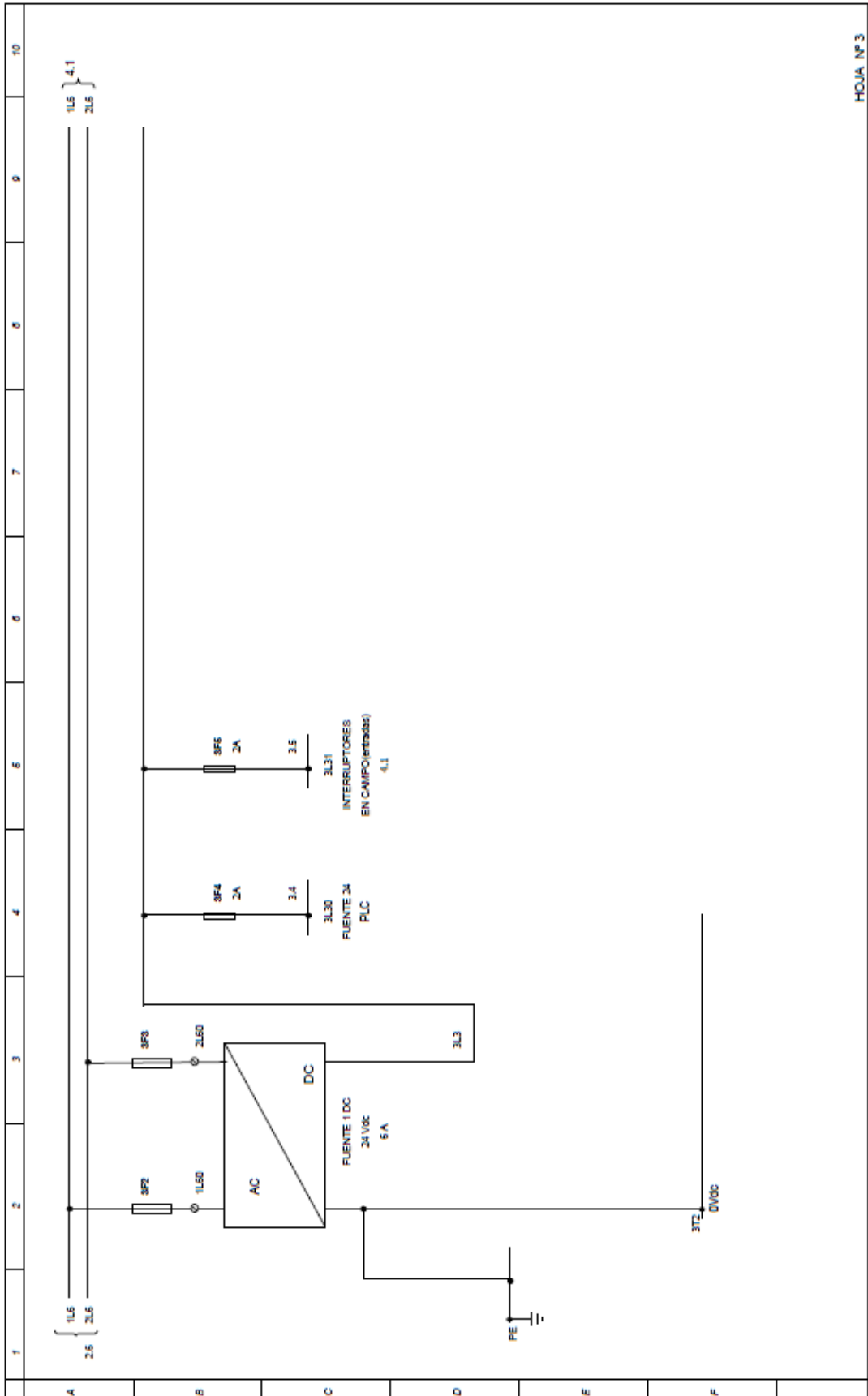
El sistema eléctrico y de control centralizado en el tablero, cuenta con planos específicos que indican todas las conexiones entre los dispositivos con la debida señalización entre las mismas, para facilitar la identificación y una correcta interpretación, Las convenciones de símbolos se muestran a continuación.

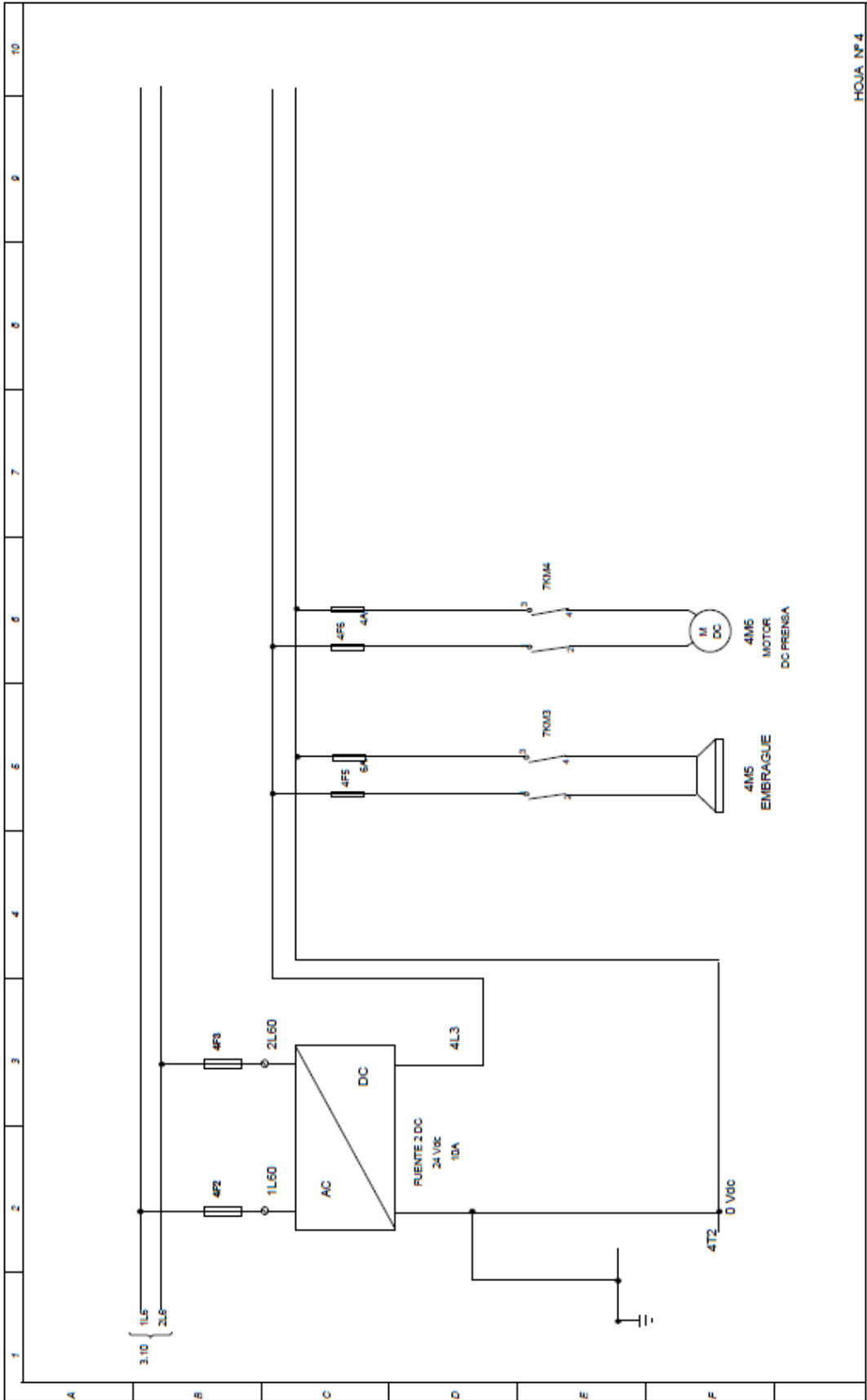
Figura 4. Convenciones de símbolos eléctricos.

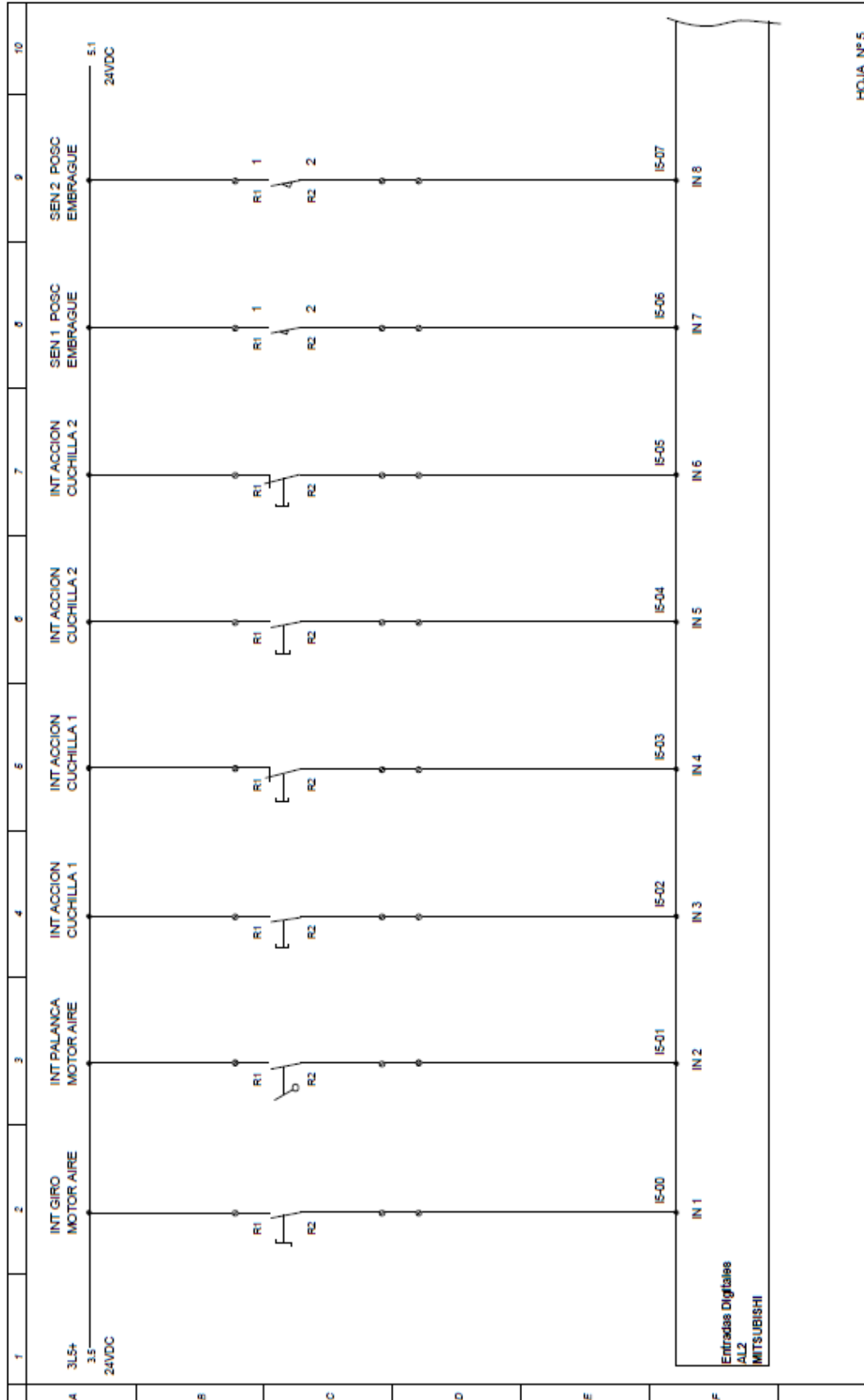
NORMA	SIMBOLO GRAFICO	DESCRIPCION
070702		BOTON PULSADOR PARA CIERRE
070201 070202		CONTACTO NORMALMENTE ABIERTO
		MINIBREAKER
070704		SELECTOR BOTON ROTATIVO DE CIERRE SIN RETORNO AUTOMATICO
072101		FUSIBLE (SIMBOLO GENERAL)
		EMBRAGUE
		PALANCA PARA ACCION DE CIERRE
071600		INTERRUPTOR CON PROTECCION CONTRA S.C y c.c. Y MANDO MANUAL
NORMA	SIMBOLO GRAFICO	DESCRIPCION
030201		CONEXION DE CONDUCTORES
030202		BORNE
030101		CONDUCTOR, GRUPO DE CONDUCTORES LINEA, CABLE CIRCUITO
030204		DERIVACION
071501		BOBINA DEL RELE (SIMBOLO GENERAL)
071521		BOBINA DEL RELE TERMICO
060901		TRANSFORMADOR DE TENSION
060801		MOTOR DE INDUCCION TRIFASICO

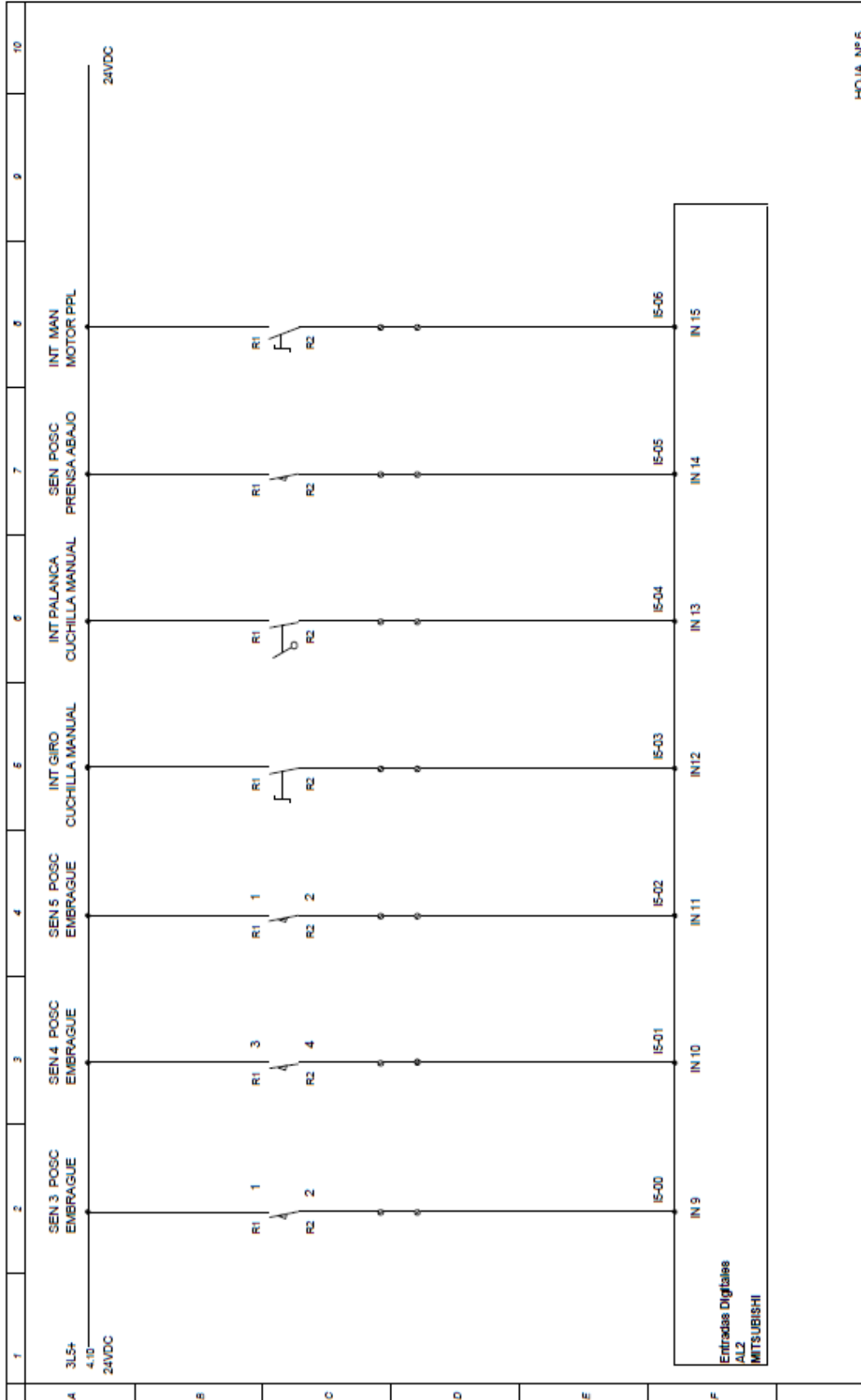


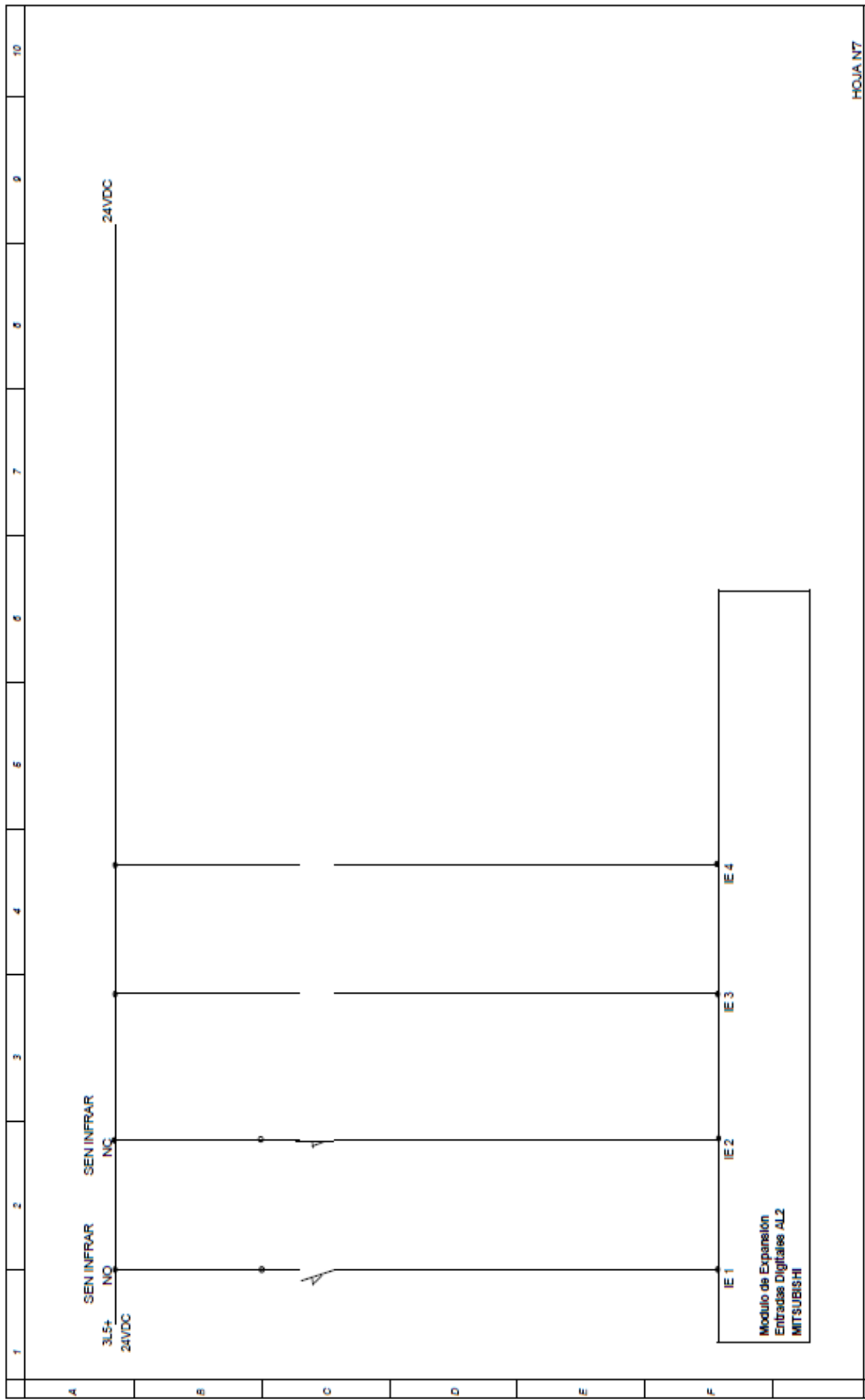


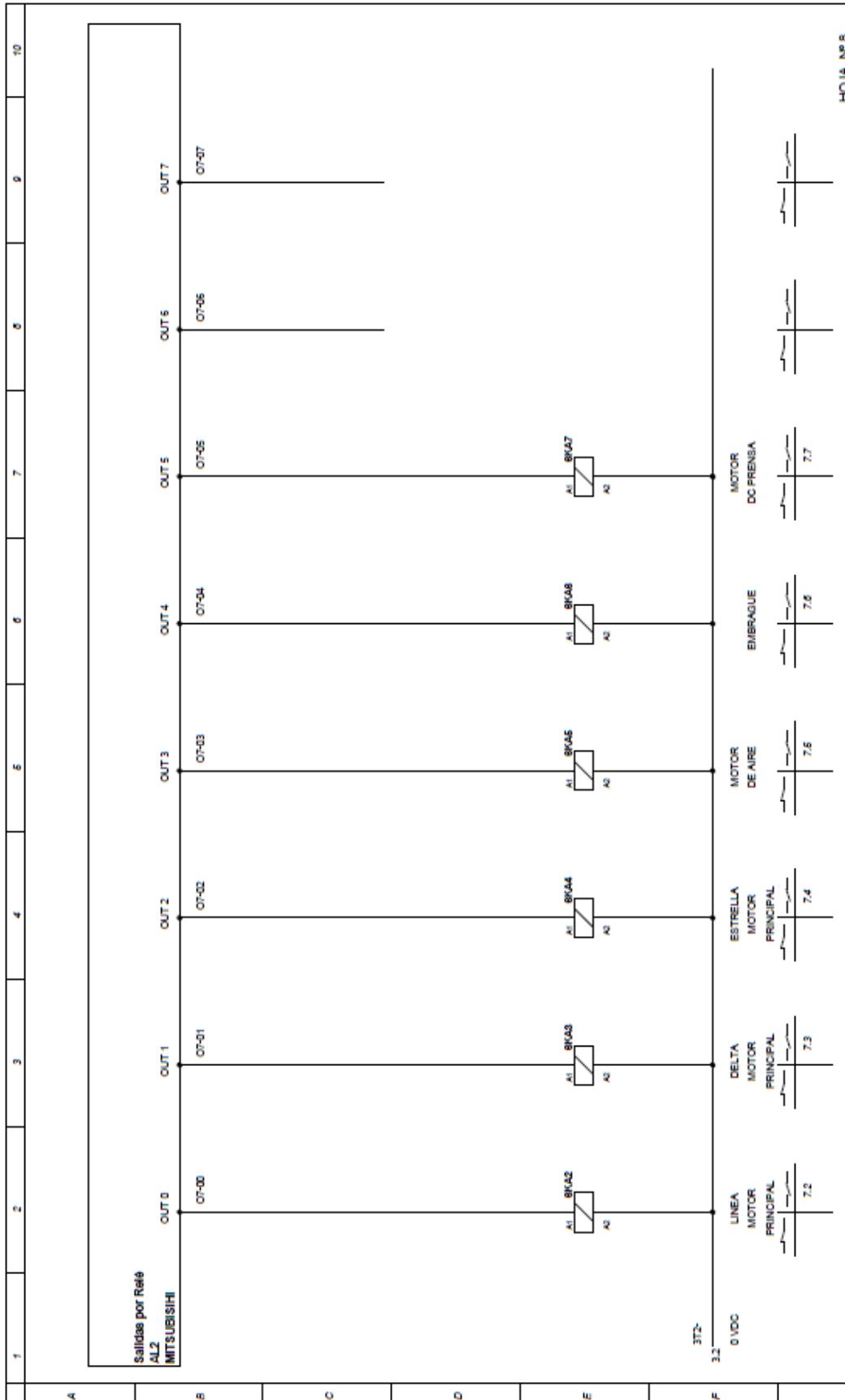


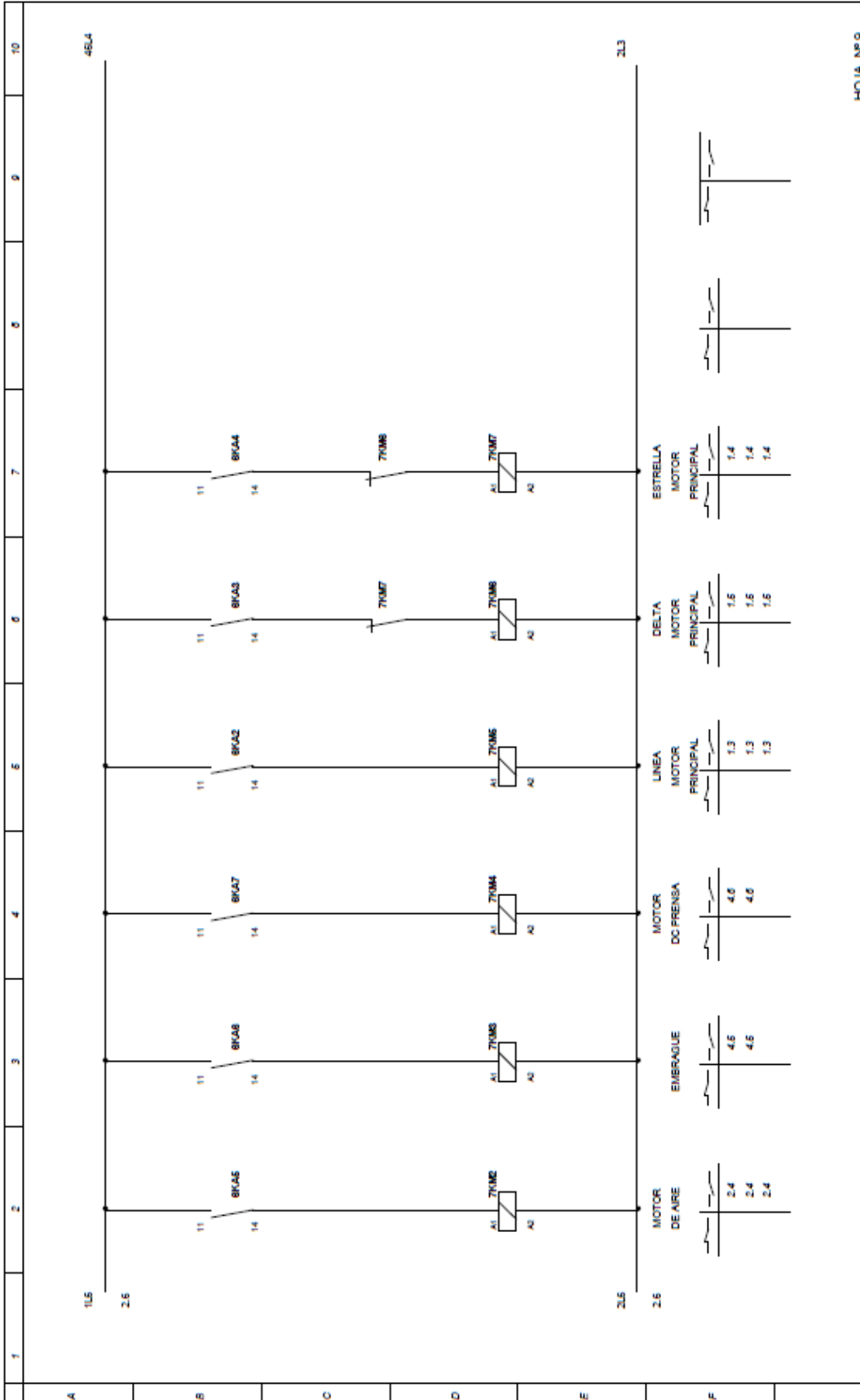












HOJA Nº 9

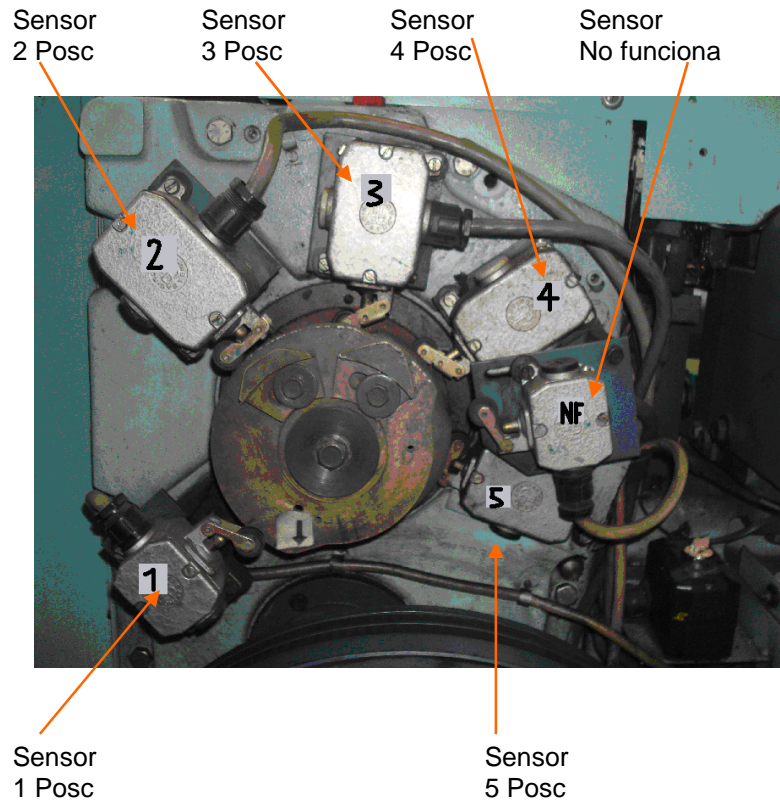
El sistema de control tiene como entradas los sensores e interruptores para la interpretación del funcionamiento de la máquina guillotina, es por esto que estos dispositivos son relevantes en el comportamiento de la misma.

Los interruptores tipo perilla, tipo pulsador y tipo palanca son on-off con un solo contacto en acción, identificable por medio de la tensión aplicada en bornes, esto porque algunos de los interruptores cuentan con mas contactos que no fueron utilizados. Para el mantenimiento o sustitución de dispositivo se requiere que al interruptor no se le altere el principio de funcionamiento (NO o NC).

Los sensores son de un contacto en acción y tienen suma importancia porque de ellos depende el correcto funcionamiento de la máquina. Es necesario que ante cualquier intervención que comprenda los sensores, la disposición mecánica, eléctrica y ubicación ante los objetos con los que actúan o interactúan no sea modificada, para que no se vea afectado las funciones que garantizan la operación de la máquina.

La ubicación de los sensores de la cuchilla que se muestran en la figura 5 y su identificación se encuentra rotulada en la carcasa, en caso de ser necesario mover cualquier sensor, estos se deben referenciar del centro de la volante a las cuatro esquinas de la carcasa, para su posterior reubicación sin afectar el funcionamiento del sistema de control.

Figura 5. Sensores Cuchilla.



Las entradas en el PLC relacionadas con los interruptores y los sensores se pueden visualizar en la pantalla por medio de la manipulación de los comandos táctiles que posee el PLC. Para mayor información referirse al manual del dispositivo o al programa de control (DVD con Complementos).

ANEXO 2

CARACTERÍSTICAS CONTACTORES

MS-N

CONTACTORES DE POTENCIA

Contactores accionados por corriente alterna



Datos técnicos		S-M10CX AC-100V/A	S-M10CX AC-100V/B	S-M11CX AC-100V/A	S-M11CX AC-100V/B	S-M12CX AC-100V	S-M18CX AC-100V	S-M20CX AC-100V	S-M21CX AC-100V	S-M25CX AC-100V	S-M30CX AC-100V	
Datos de dimensionamiento												
Intensidad nominal en régimen continuo I _n	A	20	20	20	20	20	25	32	32	50	60	
Potencia nominal para motores trifásicos según la clasificación AC-3	220-240 V	kW (A)	2,5 (11)	2,5 (11)	3,5 (13)	3,5 (13)	3,5 (13)	4,5 (18)	5,5 (22)	5,5 (22)	7,5 (30)	11 (40)
	380-400 V	kW (A)	4 (9)	4 (9)	5,5 (12)	5,5 (12)	5,5 (12)	7,5 (16)	11 (22)	11 (22)	15 (30)	18,5 (40)
	500 V	kW (A)	4 (7)	4 (7)	5,5 (9)	5,5 (9)	5,5 (9)	7,5 (13)	11 (17)	11 (17)	15 (24)	18,5 (32)
	690 V	kW (A)	4 (5)	4 (5)	5,5 (7)	5,5 (7)	5,5 (7)	7,5 (9)	7,5 (9)	7,5 (9)	11 (12)	15 (17)
Potencia nominal para cargas trifásicas resistivas según la clasificación AC-1	220-240 V	kW (A)	7,5 (20)	7,5 (20)	7,5 (20)	7,5 (20)	7,5 (20)	9,5 (25)	12 (32)	12 (32)	18 (50)	20 (60)
	380-400 V	kW (A)	7 (11)	7 (11)	8,5 (13)	8,5 (13)	8,5 (13)	13 (20)	20 (32)	20 (32)	30 (50)	35 (60)
	500 V-550 V	kW (A)	7 (8)	7 (8)	9,5 (11)	9,5 (11)	9,5 (11)	13 (16)	25 (32)	25 (32)	40 (50)	50 (60)
	690 V	kW (A)	7 (6)	7 (6)	8 (8)	8 (8)	8 (8)	11 (10)	30 (32)	30 (32)	50 (50)	60 (60)
Potencia nominal para motores monofásicos accionados por impulsos según la clasificación AC-4	220-240 V	kW	0,75	0,75	1,1	1,1	1,1	1,5	2,2	2,2	3	3,7
	380-400 V	kW	1,1	1,1	1,5	1,5	1,5	2,2	3,7	3,7	5,5	5,5
	500-550 V	kW	1,1	1,1	1,5	1,5	1,5	2,2	3,7	3,7	5,5	5,5
	690 V	kW	1,1	1,1	1,5	1,5	1,5	2,2	3,7	3,7	5,5	5,5
Intensidad máxima para la categoría AC-1 a 440 V	48 V	A	6	6	9	9	9	9	13	13	17	24
	110 V	A	10	10	12	12	12	12	20	20	25	35
	220 V	A	8	8	12	12	12	12	20	20	25	35
	440 V	A	8	8	12	12	12	12	20	20	22	30
Intensidad nominal para motores de corriente continua, categoría DC-1, 100 conexiones/hora, máx. 500.000 conmutaciones	48 V	A	6	6	10	10	10	10	20	20	25	30
	110 V	A	4	4	8	8	8	8	15	15	20	20
	220 V	A	2	2	4	4	4	4	8	8	10	10
	440 V	A	2	2	4	4	4	4	8	8	10	10
Potencia nominal para carga trifásica, condensadores, 15 conexiones/hora, máx. 100.000 conmutaciones (temperatura ambiente 40 °C)	220-240 V	kVA	2,2	2,2	3	3	3	4	5,5	5,5	8,5	12
	380-400 V	kVA	3,3	3,3	4	4	4	6	10	10	14	20
	550 V	kVA	4	4	5	5	5	6	10	10	14	20
	690 V	kVA	3,3	3,3	4,5	4,5	4,5	5,5	10	10	14	20
Intensidad trifásica, cosφ = 0,35, 240/440 V	Intensidad de conexión	A	110/110	110/110	130/120	130/120	130/120	180/130	220/220	220/220	300/300	400/400
	Intens. de desconexión	A	100/72	100/72	120/100	120/100	120/100	180/130	220/220	220/220	300/240	400/320
Tensión nominal de abastecimiento	V	690	690	690	690	690	690	690	690	690	690	
Datos eléctricos												
Potencia absorbida por la bobina (para la tensión nominal)	potencia de conexión	VA	60	60	60	60	60	90	90	110	110	
	duración	VA	10	10	10	10	10	15	15	13	13	
	potencia	W	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	5,3	5,3	5,3	
Frecuencia de conmutación	cat. AC-3	conmut./h	1.800	1.800	1.800	1.800	1.800	1.800	1.800	1.800	1.800	
	cat. AC2/AC-3	conmut./h	1.800	1.800	1.800	1.800	1.800	1.800	1.800	1.800	1.800	
	cat. AC-4	conmut./h	600	600	600	600	600	600	600	600	600	
Duración de la conmutación (para la tensión nominal)	en ms	ms	15	15	15	15	15	15	15	15	15	
	abre	ms	10	10	10	10	10	10	10	10	10	
Datos mecánicos												
Vida útil eléctrica (cat. AC-3)	millones de conmutaciones	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Vida útil mecánica	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	
Sección del cable (contactor de potencia)	mm ²	1-2,5	1-2,5	1-2,5	1-2,5	1-2,5	1-6	1-6	1-6	2-16	2-16	
Sección del cable (relé de sobrecorriente)	mm ²	1-2,5	1-2,5	1-2,5	1-2,5	1-2,5	1-6	1-6	1-6	2-16	2-16	
Bornes de mando	mm ²	1-2,5	1-2,5	1-2,5	1-2,5	1-2,5	1-2,5	1-2,5	1-2,5	1-2,5	1-2,5	
Anchura de la bama de conexión	mm	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Contatos auxiliares integrados	NA	1	—	1	—	1 ⁽¹⁾	—	1	2	2	2	
	NC	—	1	—	1	1 ⁽²⁾	—	1	2	2	2	
Peso	kg	0,3	0,3	0,3	0,3	0,32	0,33	0,4	0,4	0,52	0,52	
Dimensiones (Abbt) ⁽³⁾	mm	43 x 78 x 78	43 x 78 x 78	43 x 78 x 78	43 x 78 x 78	53 x 78 x 78	43 x 79 x 81	63 x 81 x 81	63 x 81 x 81	75 x 89 x 91	75 x 89 x 91	

ANEXO 3
DISPOSICIÓN DE TABLERO CONTROL
MÁQUINA GUILLOTINA

Las siguientes imágenes muestran la disposición final de la modernización de la máquina guillotina.

Figura 1. Fuentes de DC e interruptores termomagnéticos.

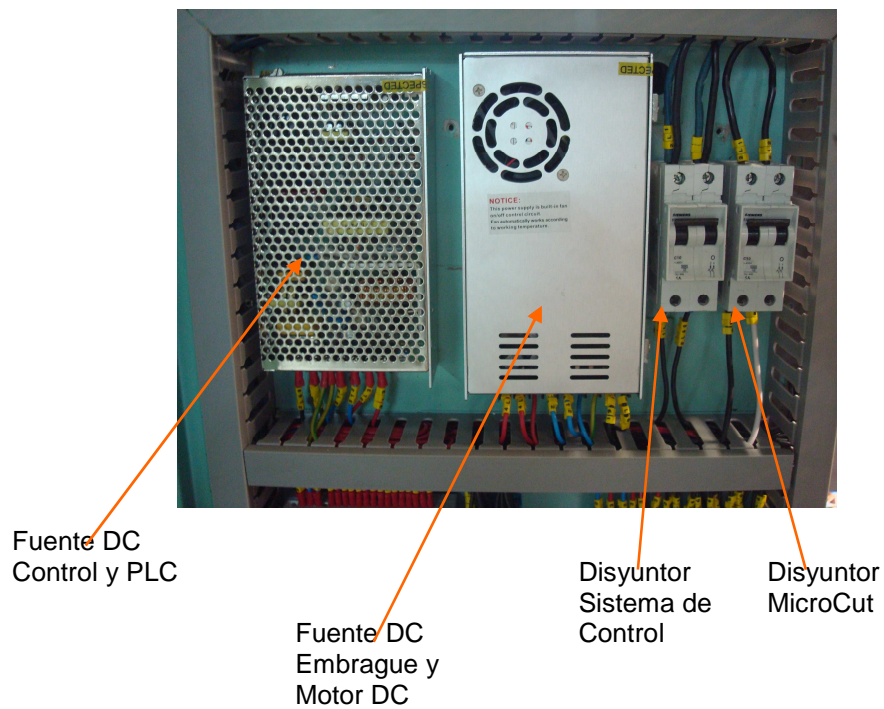
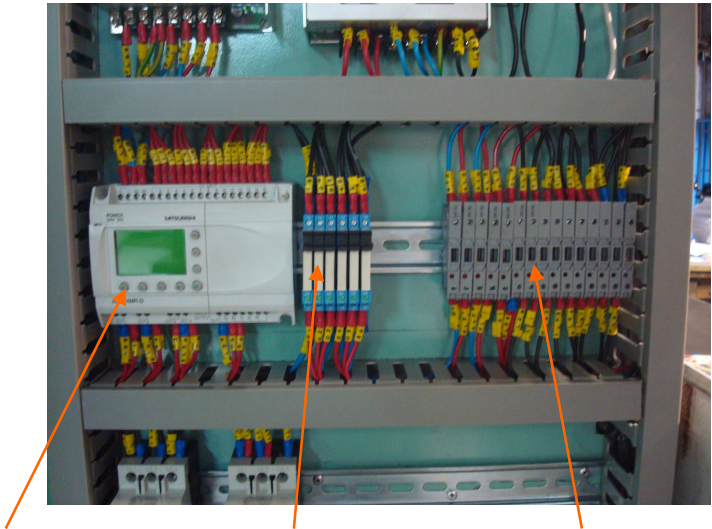


Figura 2. PLC, unidades de conmutación (Relés) y borneras portafusibles.

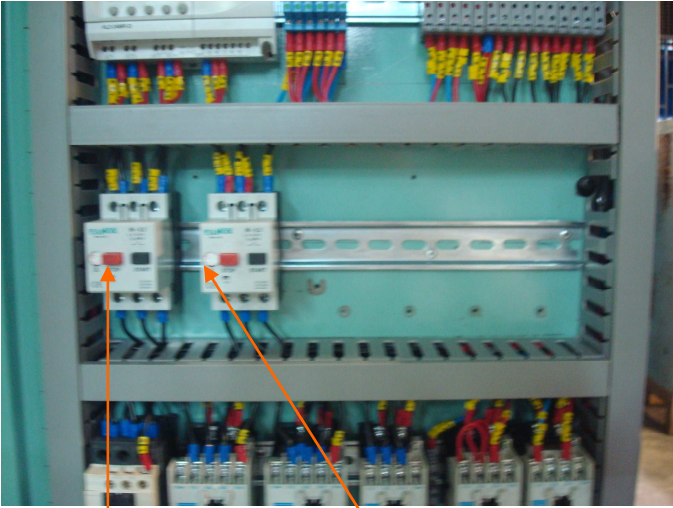


PLC
Mitsubishi
Alpha

Relés

Fusibles

Figura 3. Guardamotores.



Guardamotor
Motor Principal

Guardamotor
Motor Aire

Figura 4. Unidades de conmutación de potencia (Contactores).

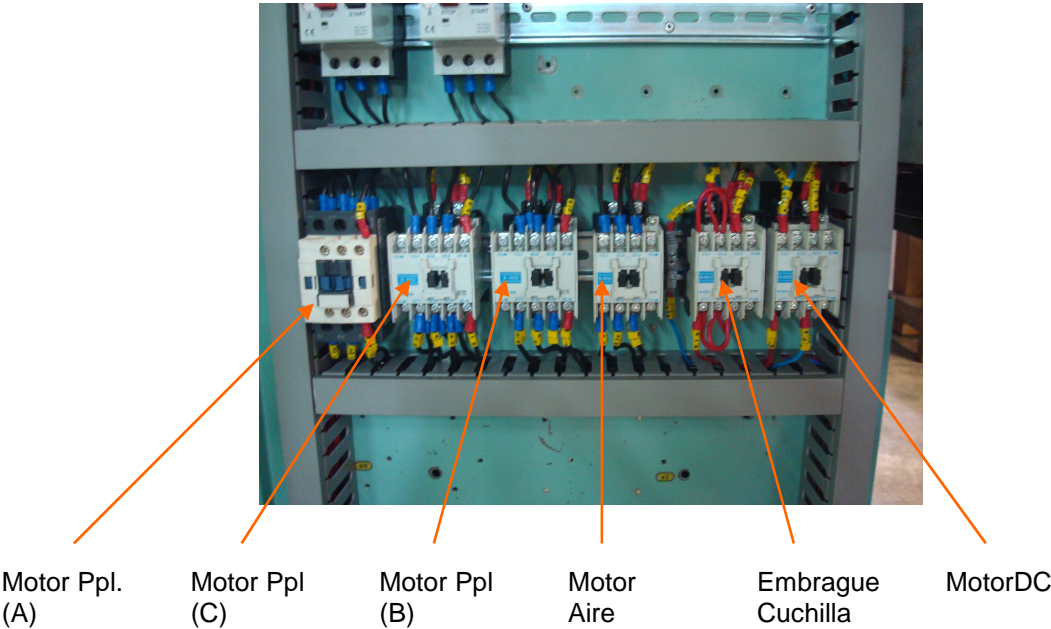
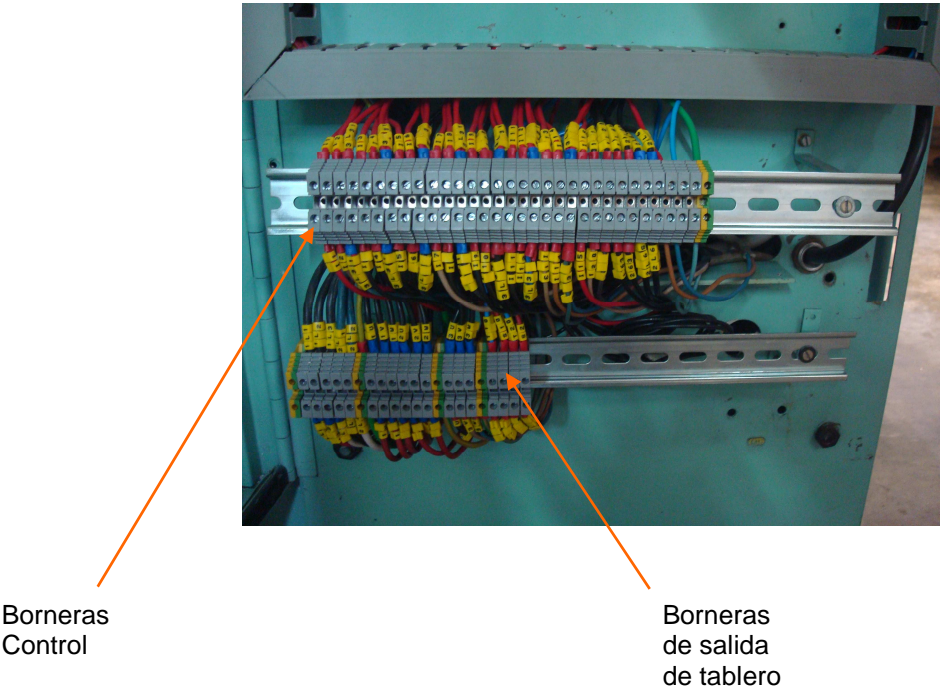


Figura 5. Disposición de Borneras.



ANEXO 4

ESPECIFICACIONES TECNICAS PLC JAZZ

JZ10-11-R31 16 Digital, 2 Analog/Digital, 2 Analog Inputs, 11 Relay Outputs

Jazz™ Micro-OPLC™ Technical Specifications

Power supply

Input voltage	24VDC
Permissible range	20.4VDC to 28.8VDC with less than 10% ripple
Current Consumption	See Note 1
Max. current consumption	160mA@24VDC
Typical power consumption	2.8W

Notes:

- To calculate the actual power consumption, subtract the current for each unused relay output and LCD backlight (if unused) from the maximum current consumption value.

	Per relay output	LCD backlight
Max. current per element	5.5mA@24VDC	35mA@24VDC

Digital Inputs

Number of inputs	18 (two groups) – see Notes 2 & 3	
Input type	pnp (source) or npn (sink)	
Galvanic isolation	None	
Nominal input voltage	24VDC	
Input voltage		
pnp (source)	0-5VDC for Logic '0' 17-28.8VDC for Logic '1'	
npn (sink)	17-28.8VDC for Logic '0' 0-5VDC for Logic '1'	
	I0-I15	I16-I17
Input current	3.7mA@24VDC	1.2mA@24VDC
Response time	10mSec typical	20mSec typical
Input cable length	Up to 100 meters, unshielded	
High speed inputs	Specifications below apply when wired as H.S.C. See Note 4.	
Resolution	16-bit	
Frequency	5kHz maximum	
Minimum pulse width	80µs	

Notes:

- Inputs I0-I15 are arranged in a single group. Via wiring, the entire group may be set to either pnp or npn.
- I16 & I17 may be wired as either digital or analog inputs, as shown in the product's installation guide. I16 & I17 may be wired as npn, pnp, or 0-10V analog inputs. 1 input may be wired as pnp, while the other is wired as analog. If 1 input is wired as npn, the other may not be wired as analog.
- I0 and I1 can each function as either a high-speed counter or as a normal digital input. When used as a normal digital input, normal input specifications apply.

Digital Outputs

Number of outputs	11 relay (in two groups) – See Note 5
Output type	SPST-NO (Form A)
Isolation	By relay
Type of relay	Tyco PCN-124D3MHZ or compatible
Output current	3A maximum per output (resistive load) 8A maximum total for common
Rated voltage	250VAC / 30VDC
Minimum load	1mA@5VDC
Life expectancy	100k operations at maximum load
Response time	10mS (typical)
Contact protection	External precautions required (see Increasing Contact Life Span in the product's Installation Guide)

Notes:

5. Outputs O0-O5 share a common signal.
Outputs O6-O10 share a common signal.

Analog Inputs

Number of inputs	4, according to wiring as described above in Note 3	
	AN0 and AN1	AN2 and AN3
Input range	0-20mA, 4-20mA	0-10VDC
Input impedance	154Ω	20KΩ
Maximum input rating	30mA	28.8V
Galvanic isolation	None	
Conversion method	Successive approximation	
Resolution (except 4-20mA)	10-bit (0 to 1023)	
Resolution (at 4-20mA)	204 to 1023 (820 units)	
Conversion time	20mSec, Synchronized to cycle time	
Precision	± 3%	
Status indication	Yes – if an analog input deviates above the permissible range, its value will be 1024.	
Input cable length	Up to 10 meters, shielded twisted pair	

Display

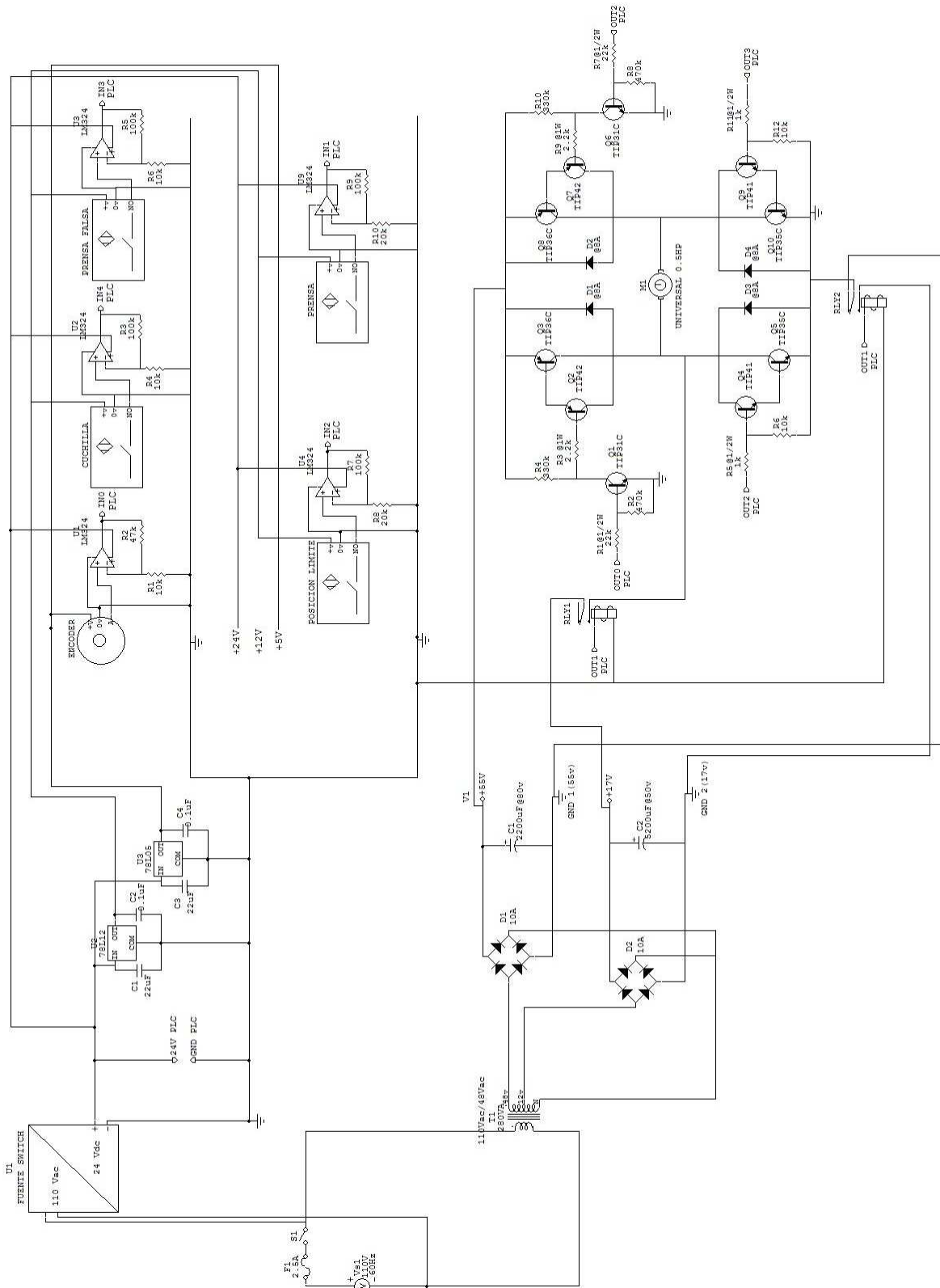
Type	STN LCD
Illumination backlight	LED, yellow-green, software controlled (LCD backlight; enables the display to be viewed in the dark)
Display size	2 lines, 16 characters long
Character size	5x8 matrix, 2.95x5.55mm

Keyboard

Number of keys	16 keys, including 10 user-labeled keys
Key type	Metal dome, sealed membrane switch
Slides	Slides are installed under the operating panel faceplate. They label the keys and provide a logo picture. The unit is supplied with a set of slides already installed. A blank set is available by separate order.

ANEXO5

PLANOS ELÉCTRICOS MICROCUT



ANEXO 6

ANTEPROYECTO TESIS DE GRADO

“MODERNIZACIÓN DE MÁQUINA GUILLOTINA EN LA INDUSTRIA LITOGRAFICA”

1. PARTICIPANTES

1.1 Datos de los estudiantes

Nombre: Daniel Esteban Cabrera Enríquez

Facultad: Ingeniería Electrónica (Doble programa)

Fecha terminación de cursos: Junio 2008

Facultad: Ingeniería Eléctrica (Doble programa)

Fecha terminación de cursos: Junio 2009

Nombre: Wilton Armando Henao Mazo

Facultad: Ingeniería electrónica

Fecha terminación de cursos: Noviembre 2008

1.2 Datos del Director

Nombre: Andrés Felipe Niño Tabares

Facultad/Institución/Empresa: Facultad de Ingeniería, UPB

Título(s): Ingeniero Electrónico, Especialista en Automática

Fecha terminación pregrado: Diciembre 2005

Fecha terminación postgrado: Marzo 2008

2. MODALIDAD

El siguiente proyecto se desarrollará bajo la modalidad de desarrollo producto y servicio empresarial.

3. TEMA DEL PROYECTO

Descripción: Ofigraf es una empresa que se desenvuelve en el campo de la litografía. En su proceso de producción cuenta con diferentes tipos de maquinaria especializada para su campo de acción, entre las que se encuentran maquinas impresoras litográficas monocolor y bicolor, máquina tipográfica y maquina guillotina.

Dicha empresa queriendo cumplir con sus objetivos comerciales, pretende mantener y garantizar la eficiencia y correcto funcionamiento de su maquinaria, la cual cuenta ya se encuentra desactualizada en cuanto a la tecnología con la que se encuentran constituidas. Es por esto que Ofigraf ofrece un proyecto para actualización y renovación de la estructura eléctrica de cableado, protecciones y control, de la máquina Guillotina.

A continuación se hará una breve descripción de la funcionalidad e importancia de dicha maquina dentro de esta industria:

Después del proceso de impresión, esta maquina entra a jugar un importante desempeño dentro de la línea de producción de la empresa, debido a que su función es la de realizar cortes precisos con los formatos deseados a pliegos de papel apilados en diversos tamaños; dependiendo del resultado de esta tarea es posible obtener un mejor aprovechamiento del recurso, que en dicho caso es el papel.

La máquina posee un sistema de encendido con llave que activa el arranque tipo estrella-delta de un motor trifásico, el cual a través de dos pulsadores en serie ejecuta la maniobra de subida y bajada de la cuchilla. Esta fase de funcionamiento cuenta con una lógica de control e interfaz de potencia basada en relés y contactores. Para facilitar la maniobrabilidad de el papel sobre la plataforma de corte, la máquina consta de un denominado “colchón de aire”, lo cual no es sino un flujo de aire distribuido uniformemente en la superficie de corte, proporcionado por

un motor-compresor. Por otro lado, la máquina esta dotada con un equipo impulsor de avance donde su actor principal es un motor paso a paso, que cumple la función de delimitar la posición del papel sobre la superficie de corte, para así, obtener el tamaño con las medidas deseadas.

De acuerdo a lo anterior, en el proyecto se busca implementar un sistema de control basado en un *PLC* con características acordes a los requerimientos que exijan la parte de control de: Arranque, la maniobra de la cuchilla, el “colchón de aire”, lámparas, sensores y otros elementos eléctricos de la maquina. Dicha tarea irá acompañada de la renovación del cableado y protecciones eléctricas con las que cuenta actualmente la máquina.

Respecto al equipo impulsor de avance, hoy en día existen en el mercado equipos importados para controlar digitalmente la posición del avance y programar cortes desde un modulo microprocesado, con una interfaz de fácil uso para el operario; además cuenta con memoria para almacenar las posiciones de corte. De acuerdo a este dispositivo y las funciones que lleva a cabo, se busca desarrollar un prototipo con buenas características, con las que pueda llegar a ser una buena alternativa para la implementación en esta industria.

- Dedicación al proyecto (en porcentajes):

Tipo		%
Teórico	Búsqueda / estudio	10
	Desarrollo	10
Experimental		
Aplicado	Prototipo	50
	De campo	25
Gestión		5
Total		100

- Áreas a trabajar:

Área	%
Automática	40
Microelectrónica	35
Maquinas	20
Transmisión de Energía	5
Total	100

4. ANTECEDENTES

4.1 Origen de la idea:

Hoy en día la industria crece a pasos agigantados de mano con el desarrollo tecnológico, por lo que cada vez son más grandes las exigencias respecto al nivel de producción, la calidad y su eficiencia, y dado el poder adquisitivo de la industria Colombiana, se crea la necesidad de entrar en procesos de renovación de la tecnología que posee la maquinaria con que cuentan. Es entonces esto la motivación por la cual Ofigraf quiere crear un proyecto de renovación basado en la máquina guillotina, dada la importancia de ésta en su línea de producción.

4.2 Estado del arte:

Se ha encontrado una empresa que se especializa en la compra-venta y reparación de guillotinas litográficas, con alrededor de 40 años de experiencia en la fabricación y reparación, llamada Omega y localizada en España. Ésta ofrece, además de la comercialización de dichas máquinas, una alternativa de modificación a casi cualquier tipo de guillotina como la instalación de seguridades, desarrollo de cualquier tipo de programa para controlarlas y mantenimiento en general; teniendo mayor experiencia y especialidad en las máquinas de las siguientes marcas comerciales:

- *Polar*
- *Wohlenberg*

- *Schneider*

En el producto de programación y control de guillotinas que ofrece dicha entidad, se debe destacar un par de completos sistemas de automatización de corte que se puede emplear en cualquier marca y modelo de guillotina, que ellos mismos denominan 5,5M y 7,7C. Omega sostiene que el sistema esta basado en la última tecnología en programación, con visualización graficas de datos por pantalla y el ordenamiento de ejecutar tareas gracias a que la misma pantalla ofrece sensibilidad al tacto, brindando de esta manera, un sistema rápido, fiable y duradero por evitar el uso de tradicionales teclados mecánicos. Entre los dispositivos pilares que constituyen los sistemas mencionados con anterioridad, se encuentran:

- Un *PLC* de ultima generación que garantiza la mayor velocidad de ejecución del proceso y un integro control de los diferentes periféricos que requiera el programa.
- Una pantalla con tecnología táctil, entre las que se encuentran las opciones de 5,7", 7,7" ó 8,4" *TFT-LCD* monocromo o color, que se conciben como inmunes a las vibraciones y a la repetitividad de las tareas que se le ordenen.
- Sistema de posicionamiento de escuadra por variador de frecuencia.
- Sistema de posicionamiento alternativo por servomotor y servo-amplificador, que permite tanto arranques como posicionamientos suaves sin desviaciones, debido a la curva de par estable característica de la variación de la resistencia.
- Integra un *encoder* y función de *auto-tunning* en tiempo real, mecanismos que garantizan precisiones del orden de centésimas en el corte.

Este sistema integrado de control provee tres modos de operación: manual, semiautomático y automático. El modo de operación manual permite la ejecución de un desplazamiento rápido o lento de la escuadra y especifica el sentido de la marcha en dirección hacia adelante o hacia atrás, todo esto a través de cuatro botones que se presentan en la interfaz gráfica de la pantalla táctil. La ejecución de tareas en semiautomático se basa en cumplir con el posicionamiento que haya sido introducido a ciertos parámetros del programa por medio de un teclado o

calculadora con operaciones básicas, además de botones para pausa y parada, todo presentado e introducido por pantalla. Con respecto al modo automático, se modifican y arrancan programas cargados en memoria, más la visualización de estados de tareas auxiliares.

Por otro lado, se han encontrado en el mercado actual guillotinas modernas vienen manufacturadas desde fabrica con tecnología de vanguardia, como por ejemplo las pantallas táctiles junto con *PLC*, elementos que empresas como la anteriormente descritas hacen uso en los servicios que prestan. La guillotina programable con pantalla táctil *DMY II-1550* de la empresa *DAEHO*, que cuenta con las siguientes características relevantes:

- Pantalla táctil *TFT-LCD* de 12.1": El amplio ángulo de visión de 12.1 pulgadas de las pantallas de *TFT-LCD* muestran toda la información referente a la máquina. Se muestra desde la información de el trabajo que se está realizando, posición de la escuadra, cotas de corte, las entradas y salidas de trabajo, etc.
- Sistema de desplazamiento de escuadra: El movimiento de la escuadra trasera consiste en un servomotor *AC*, una guía lineal usillo a bola. La combinación integra de estos elementos proporciona una aceleración y deceleración precisa de la escuadra. La escuadra es capaz de alcanzar una velocidad de hasta 20m/min. Este sistema de movimiento tiene la capacidad de ubicar el material en posición deseada. +- 0.01mm. Ahorra tiempo y mejora la eficiencia y precisión del trabajo.
- Modo de operaciones manual /semiautomático
- Embrague electro imán y sistema de freno
- Tornillo de seguridad par el sistema de protección
- Control a dos manos
- Presión del pisón ajustable
- Cortina de seguridad de infrarrojos
- Indicador de la mesa de corte óptico
- Mesa cromada con cojinetes con aire
- Sistema de lubricación central
- Sistema fácil de cambio de cuchilla

- Mesa trasera cerrada
- Sistema de doble brazo

5. OBJETIVOS

5.1 OBJETIVOS GENERAL

- Modernizar la estructura eléctrica y de control de la máquina guillotina de la empresa litográfica Ofigraf.

5.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Recolectar información para entender la composición del sistema eléctrico actual con el que cuenta la máquina.
- Diseñar el nuevo sistema eléctrico de potencia y control electrónico del motor impulsor de la cuchilla y del “colchón de aire” de la maquina.
- Aplicar el criterio de selección mas apropiado para la adquisición de todos los elementos necesarios en este proyecto.
- Desarrollar un prototipo de control independiente que manipule el sistema de avance de la máquina guillotina.
- Supervisar el montaje final y el correcto funcionamiento de la máquina con los sistemas desarrollados.

6. JUSTIFICACIÓN Y BENEFICIOS

El proyecto a realizar es de suma importancia para la empresa ya que la máquina guillotina cuenta con 16 años de fabricación, en todo este tiempo se ha perdido mucha información vital para su mantenimiento y sostenibilidad, como lo son el manual de operación y los planos eléctricos. Aumentando así la probabilidad de pérdidas de tiempo por fallas y descomposturas. Es por esto que la empresa ve necesario la renovación tecnológica de la máquina.

La intervención en esta máquina mejorara la confiabilidad y eficiencia de la producción de la empresa, puesto que se podrá contar un buen soporte en planos, manuales y equipamiento; también un mejor control de funcionamiento y de mantenimiento, con lo que se aumenta así el tiempo de vida de dicha máquina.

El desarrollo del prototipo de sistema *Microcut*, mejorara el tiempo de repuesta en la producción de la empresa, dado que constara de varias memorias programadas según formatos de corte frecuentes o deseados por el operario. También se presenta la posibilidad de ofrecer este sistema como un producto que entraría en consideración por la industria, dado los altos costos de los equivalentes importados.

7. ALCANCES

El desarrollo de este proyecto pretende renovar, diseñar y desarrollar un sistema de control a la máquina guillotina de la empresa Ofigraf. A continuación se presentará los alcances del proyecto:

- Diseño e implementación del sistema de control basado en un *PLC* adecuado para los requerimientos del proyecto.
- Renovación del sistema eléctrico de cableado, protecciones y actuadores que lo ameriten.
- Redacción de planos de diseño, manuales de operación y documentos con comentarios sobre el programa de control.
- Diseño y desarrollo de prototipo de control del avance, basado en los *Microcut* existentes hoy en día en el mercado de la industria litográfica.

8. TABLA PRELIMINAR DE CONTENIDOS

GLOSARIO

Definición de la terminología utilizada en el texto.

RESUMEN

Descripción breve del proyecto.

CAPÍTULO 1 (INTRODUCCIÓN)
CAPÍTULO 2 Diseño Sistema
CAPÍTULO 3 Selección de elementos
CAPÍTULO 4 Programación
CAPÍTULO 5 Implementación
CAPÍTULO 6 Pruebas y Puesta a punto
CAPÍTULO 7 Manuales
CONCLUSIONES
RECOMENDACIONES
CITAS
BIBLIOGRAFÍA
ANEXO 1 – Artículo publicable

9. PRESUPUESTO Y RECURSOS NECESARIOS

RECURSO	Participación(miles de pesos)				Implica desembolso	
	Estudiantes	UPB	Externo	Donación	Si (Nuevo)	No (Existente)
Bibliografía	0	200	0	0		x
Papelería	200	0	0	0	x	
Telecomunicaciones	100	0	0	0		x
Equipos	0	0	4550	0	x	
Transporte	150	0	0	0	x	
Asistencia a eventos	0	0	0	0		x
Gastos de representación	0	0	0	0		x
Trabajo Estudiante \$6K/h	7224	0	0	0		x
Trabajo Director \$30/h	0	3000	0	0		x
Trabajo Asesor \$0/h	0	0	0	0		x
SUBTOTAL	7674	3200	4550	0		
Imprevistos (10%)	767	320	455	0		
TOTAL	8441	3520	5005	0		
GRAN TOTAL					16966	

10. FINANCIACION

En el desarrollo del proyecto, Ofigraf financiará lo estipulado en el presupuesto desembolsable, a excepción de lo correspondiente con el director, ya que él realizará su labor a manera de donación. Los estudiantes correrán con sus propios gastos.

11. CRONOGRAMA

Daniel Esteban Cabrera Enríquez

Actividad	sep-08	oct-08	nov-08	dic-08	ene-09	feb-09	mar-09	abr-09	may-09	jun-09	Total (Horas)
Conocimiento Maquinaria	x	x									20
Búsqueda Bibliografía	x	x									10
Anteproyecto	x	x									15
Levantamiento de Planos eléctricos		x	x								60
Diseño Estructural del Montaje			x	x							50
Diseño control, con PLC				x	x						100
Selección Motores (MicroCut)						x					20
Diseño Sistema Eléctrico (MicroCut)					x	x					100
Diseño MicroCut					x	x	x				200
Selección y compra de equipos					x		x				15
Construcción sistema								x	x		70
Pruebas y Puesta a punto									x		15
Gestión Personal Montaje									x		5
Implementación Sistema									x		30
Documentación			x		x		x		x	x	50
Entrega										x	10
Total estudiante											770

Wilton Armando Henao Mazo

Actividad	sep-08	oct-08	nov-08	dic-08	ene-09	feb-09	mar-09	abr-09	may-09	jun-09	Total (Horas)
Conocimiento Maquinaria	x	x									20
Búsqueda Bibliografía	x	x									10
Anteproyecto	x	x									15
Diseño Estructural del Montaje			x	x							50
Diseño control, con PLC				x	x						100
Diseño MicroCut					x	x	x				200
Selección y compra de equipos					x		x				15
Construcción sistema								x	x		70
Pruebas y Puesta a punto									x		15
Gestión Personal Montaje									x		5
Implementación Sistema									x		30
Documentación			x		x		x		x	x	50
Entrega										x	10
Total estudiante											590
Total Proyecto											1360

12. BIBLIOGRAFÍA

PARR, E. A.. (2003). Programmable controllers: an engineer's guide 3 ed. Oxford: Newnes, 2003. 448 p.

ANGULO USATEGUI, José Ma.. Electrónica digital y microprogramable. Madrid: Thomson, 2007. 263p.

GÓMEZ ARISTIZÁBAL, Diana Carolina. Fundamentos de los sistemas de control eléctrico aplicados a los motores eléctricos y a la solución de automatismos lógicos. Medellín, 2005, 567 p. Trabajo de grado (Ingeniero Electrónico). Universidad Pontificia Bolivariana. Facultad de Ingeniería Electrónica. Área de Automática.

[1] <http://www.argui.com/arquienda/documentos/articulos/d495-01.pdf> , Documento con catálogo 2006 de guillotinas marca IDEAL.

[2] <http://www.interempresas.net/Graficas/Articulos/Articulo.asp?A=14464> , Página con artículo publicado en España, acerca de empresa llamada OMEGA, dedicada a la automatización de guillotinas.

[3]http://www.decagraph.com/index.php?option=com_content&task=view&id=17&Itemid=54 , Página de comercializadora de maquinaria usada en la industria gráfica, entre las cuales se encuentran guillotinas informatizadas y monitorizadas. Posee información y fichas técnicas de dichas máquinas.

13. PROPIEDAD INTELECTUAL Y DESTINACIÓN DEL PROYECTO

Anexo.

14. CONCEPTO ÉTICO

Impacto Positivo

- El desarrollo de este proyecto puede representar un gran beneficio para la empresa ya que aumenta la confiabilidad en su sistema de producción.
- El operario contará con mayor seguridad contando con un correcto diseño de control y del sistema eléctrico.
- La empresa contará con muy buen respaldo de manuales y planos del nuevo sistema eléctrico y de control, en caso de ser requeridos por un operario, técnico y otros.

ANEXO 7
ARTICULO PUBLICABLE

MODERNIZACIÓN DE MÁQUINA GUILLOTINA EN LA INDUSTRIA LITOGRAFICA

Daniel Cabrera Enríquez, Wilton Henao Mazo.

(1) Calle. 7 #39-210, Medellín, Colombia, kesdae@yahoo.com, tel. (+574) 2684530

(2) Universidad Pontificia Bolivariana, Cq. 1 #70-01, of. 11-2B,
Medellín, Colombia.

Resumen: Este artículo presenta la renovación tecnológica realizada al sistema de corte de una máquina guillotina, y el desarrollo de un prototipo para la automatización del sistema avance de dicha máquina.
Copyright © 2008 UPB.

Abstract: This article show the technologic renovation on the cut system to the guillotine machine and the develop of a prototype to the automatization the advance system.

Keywords: Controlador lógico programable (PLC), Relé, Contactor, Retie, Microcut.

1. INTRODUCCIÓN

La modernización de la Máquina Guillotina, consiste en reemplazar el sistema de control, ya que anteriormente muchas de las tareas que necesitaba el proceso de corte y de colchón de aire, se realizaban mediante relés y contactores con lógica cableada. Esto hacía que el sistema fuera más propenso a fallas y que el mantenimiento se dificulte por falta de repuestos y de documentación, como planos eléctricos y especificaciones de los equipos

Entonces se optó por automatizar el sistema por medio de un *PLC* y de renovar el sistema de cableado, los contactores y demás elementos necesarios; según normas de seguridad y construcción establecidas en el *Retie*. De esta forma se puede contar con documentación para el conocimiento necesario en el mantenimiento, utilización o modificación del sistema eléctrico y de control.

Por otra parte la misma máquina cuenta con un sistema de avance que proporciona el tamaño del corte, para este sistema se

desarrolló el prototipo de llamado *Microcut*, que mejora el tiempo de repuesta en la producción de la empresa, dado que consta de varias memorias programadas según formatos de corte frecuentes o deseados por el operario. También se presenta la posibilidad de ofrecer este sistema como un producto que entraría en consideración por la industria, dado los altos costos de los equivalentes importados.

2. MODERNIZACIÓN MÁQUINA GUILLOTINA

La modernización de la máquina abarca el control del sistema de corte, éste implica el manejo adecuado de la cuchilla que es impulsada por medio de un motor principal, el cual a su vez alimenta una bomba hidráulica que permite el movimiento y presión necesaria para la prensa. También existe un sistema de colchón de aire que facilita la maniobrabilidad del papel sobre la mesa de corte, el aire se proporciona por medio de un compresor acoplado a un motor trifásico.

Para la implementación del sistema electrónico de control fue necesario realizar

un reconocimiento de los sistemas mecánicos y eléctricos de la máquina.

De esto se concluyó que era posible reutilizar elementos que la máquina posee, como los sensores que actúan en forma básica de normalmente cerrado y normalmente abierto, interruptores *on-off*, embrague y motores de diferentes aplicaciones.

Un sensor situado en la prensa, que determina si esta abajo o arriba. Cinco sensores situados de forma, que permiten saber la posición de la cuchilla y facilitar así el control de la misma por medio del acople del embrague.

Los interruptores de igual manera trabajan normalmente cerrado (*NC*) o normalmente abierto (*NO*), en forma de perilla, pulsador o palanca.

El embrague trabaja por medio de un solenoide a 24V (*DC*), que acopla el motor principal con el sistema de movimiento de la cuchilla y se acciona según ordenes del control de la máquina.

Entonces para la realización del nuevo control se adquirió un *PLC Alpha* de marca *Mitsubishi* de gama baja pero con cualidades necesarias para cumplir las tareas requeridas para este proyecto.

El nuevo sistema cuenta con protecciones térmicas en fusibles para dispositivos como fuentes *DC*, bobinas de contactores, *PLC*, entradas del *PLC* y el embrague. También protecciones termomagnéticas como disyuntores para la totalidad del sistema de control y guardamotores.

Para la renovación se utilizó borneras de control, a tierra, portafusibles y borneras para salidas y entradas a equipos eléctricos, relés y contactores, cuya disposición final se muestra en la figura 1.

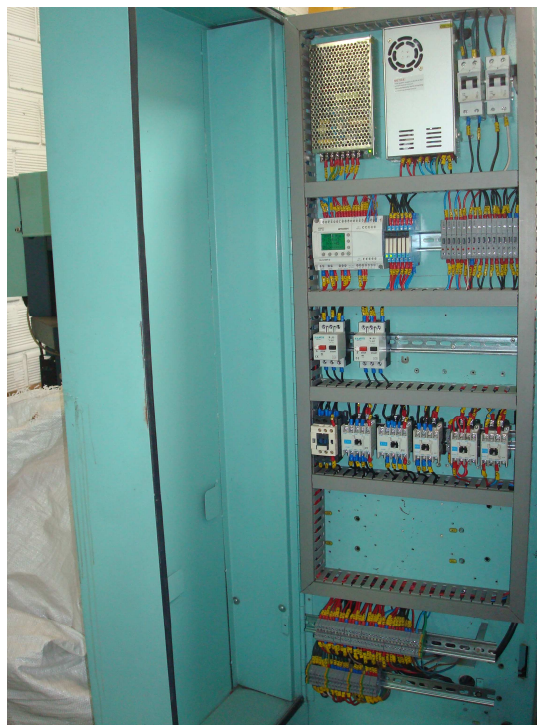


Figura 1. Tablero de control Máquina Guillotina.

3. DISEÑO DEL PROTOTIPO MICRO CUT

El *MicroCut* o dispositivo de corte controlado por computador, que se diseñó, esta basado en el producto existente en el mercado internacional que comercializa la empresa *C&P Microsystems* con su modelo *MicroCut Lcd Jr*.

El sistema esta constituido por un tipo de escuadra que posee la máquina guillotina y que determina hasta donde entra el papel para ser cortado, por lo cual limita la medida de corte. Este es movido por un motor de CD tipo universal al cual se le diseño un actuador adecuado que permite dos velocidades hacia adelante y una hacia atrás.

También cuenta con un *encoder* tipo incremental usado como elemento de realimentación del sistema y saber cual es la ubicación actual de la escuadra, y cuatro sensores inductivos para detectar elementos a ciertas distancias para uso del sistema de control. Estas señales de control se adecuaron

con circuitos amplificadores dadas las especificaciones del *PLC*.

Por otro lado, el *MicroCut* viene equipado con un panel compuesto por un *display* y teclado que sirve de interfaz hombre-máquina, con el que la persona manipula y observa el estado del sistema. Para esto se escogió un *PLC Jazz* de marca *Unitronics* que cuenta con la interfaz necesaria y todos los requerimientos para el desarrollo del sistema.

4. OPERACIÓN DEL PROTOTIPO MICROCUT

El sistema de control de avance o *MicroCut* realiza las siguientes tareas:

Encendido y calibración; el sistema enciende y alimenta los sensores y *encoder* para poner en marcha el motor hacia atrás hasta el punto inicial.

Modo de Operación Manual; el modo manual es usado por el operario cuando desea controlar manualmente y arbitrariamente la posición de la escuadra para cada corte que se ejecute con la máquina.

Modo para ingreso de programa; el dispositivo se dispone para recibir las dimensiones de corte a realizar en un programa de corte, entendiendo éste último como una serie o sucesión de posiciones que la escuadra debe alcanzar en todo lo ancho de su recorrido para que el usuario u operario obtenga los cortes que requiera. Cada programa tiene como máximo 10 dimensiones permitidas para establecer.

Modo de Operación Automática; en este modo el *MicroCut* toma el control total de posicionamiento de la escuadra a través del orden establecido por el programa de corte que el usuario haya escogido previamente para ser ejecutado.

5. CONCLUSIONES

La automatización del sistema de corte por medio de sistemas modernos como el *PLC*, y complementado con actuadores y demás dispositivos de vanguardia en la industria, permite lograr resultados óptimos y de calidad para la industria, tanto por el producto como por el tiempo para su implementación.

El sistema de eléctrico y de control implementado en la máquina guillotina permite aumentar su vida útil y favorece la confiabilidad en el funcionamiento de la misma.

Con estos modernos sistemas de control que permiten el desempeño automático de viejas tareas, se ahorra tiempo y brinda eficiencia de los procesos.

Con el control capaz de almacenar las medidas de los cortes que el operario requiera o los mas típicos que requiera la industria litográfica, el prototipo del sistema *MicroCut*, le ahorran a los propietarios de las máquinas en las que se implementarán, tareas de documentación física para cada operario que llegue acerca de las necesidades de corte para un trabajo determinado, pues todo esta información queda perfectamente guardada e identificada en la memoria que brindan los dispositivos electrónicos de control, que son el cerebro y núcleo de sistemas embebidos como el desarrollado en este proyecto.

REFERENCIAS

- [1] ANGULO USATEGUI, José Ma.. Electrónica digital y microprogramable. Madrid: Thomson, 2007. 263p.
- [2] GÓMEZ ARISTIZÁBAL, Diana Carolina. Fundamentos de los sistemas de control eléctrico aplicados a los motores eléctricos y a la solución de automatismos lógicos. Medellín, 2005, 567 p. Trabajo de grado (Ingeniero

Electrónico). Universidad Pontificia Bolivariana. Facultad de Ingeniería Electrónica. Área de Automática.

guillotina en la industria litográfica” Actualmente se encuentra adelantando trámites para su graduación y posterior vinculación al mundo laboral.

- [3] LATHI, Bhagwandas.. Modern digital and analog communication systems. 3^{ra} ed. New York: Oxford University Press, 1998. 260p.
- [4] PARK, John y MACKAY, Steve. Practical Data Acquisition for Instrumentation and Control Systems. Oxford: Elsevier, 2003. 326p.
- [5] PARR, E. A.. (2003). Programmable controllers: an engineer’s guide 3 ed. Oxford: Newnes, 2003. 448 p.

SOBRE LOS AUTORES

Daniel Cabrera Enríquez.

Nació el 8 de Septiembre de 1986 en Pasto (Nariño), donde realizó sus estudios primarios y secundarios hasta el 2003 en el colegio Champagnat. Actualmente es estudiante de Ingeniería Electrónica e Ingeniería Eléctrica en la Universidad Pontificia Bolivariana de Medellín, Colombia. Presentó como Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Electrónico: “Modernización de la máquina guillotina en la industria litográfica” Actualmente se encuentra realizando el trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Electricista.

Wilton Henao Mazo.

Nació el 31 de Mayo de 1986 en Medellín (Antioquia). Realizó sus estudios secundarios hasta el 2002 en el Colegio Fray Rafael de la Serna. Actualmente es estudiante de la Facultad de Ingeniería Electrónica de Universidad Pontificia Bolivariana de Medellín, Colombia. Presentó como Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Electrónico: “Modernización de la máquina