

# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**



## **Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación**

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN CONTROL ELÉCTRICO  
ELECTRÓNICO PARA UNA RECTIFICADORA DE BLOCKS DE  
CILINDROS”**

### **EXAMEN DE GRADO (COMPLEXIVO)**

Previa a la obtención del GRADO de:

**INGENIERO EN ELECTRICIDAD  
ESPECIALIDAD ELECTRÓNICA**

**LUIS ALBERTO TUTIVÉN IZQUIERDO**

**GUAYAQUIL – ECUADOR**

**AÑO: 2015**

## **AGRADECIMIENTO**

A todos quienes aportan al engrandecimiento humano a través del conocimiento.

A Nicolás Brito que aportó con su experiencia y conocimiento al desarrollo de este proyecto.

## DEDICATORIA

A mis padres y familiares, en especial a la  
Lcda. Elvia Granda D.

## TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

---

**Ing. Carlos Valdivieso**

PROFESOR DELEGADO

POR LA FIEC

---

**Ing. Alberto Larco G.**

PROFESOR DELEGADO

POR LA FIEC

## DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestas en este Informe me corresponde exclusivamente; y, el patrimonio intelectual de la misma, a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL).

.....  
Luis Alberto Tutivén Izquierdo

## RESUMEN

El trabajo realizado en 2010 y detallado en este informe, se refiere al diseño y construcción de un sistema de control para una máquina pulidora de cilindros de block (motores a combustión), máquina oleo hidráulica de propiedad de la empresa RECTIGAMOS S. A. y de la marca AMC Schou modelo H260 serie 118.

Esta máquina, antes de la intervención, llevaba 30 días sin funcionar por no tener la tarjeta de control electrónico, un control que manejaba, manual y automáticamente, los movimientos de rotación y desplazamiento vertical de un cabezal porta-herramienta. La empresa necesitaba poner en operación esta máquina porque era la única pulidora automática que tenía, las otras eran controladas manualmente con los movimientos de rotación, producido por la energía eléctrica y el de desplazamiento producido por el brazo de un operario. Una sesión de pulido de 1 cilindro, con la máquina automática, se la realizaba en la mitad del tiempo del que tomaba realizar la misma tarea con una máquina manual. Fue necesario diseñar otro control basado en una nueva tarjeta electrónica y que se acoplara a los elementos ya existentes.

## ÍNDICE GENERAL

|  |      |
|--|------|
| AGRADECIMIENTO .....                                     | ii   |
| DEDICATORIA .....  | iii  |
| TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN .....                           | iv   |
| DECLARACIÓN EXPRESA .....                                | v    |
| RESUMEN .....  | vi   |
| ÍNDICE GENERAL .....                                     | vii  |
| INTRODUCCIÓN .....                                       | viii |
| CAPÍTULO 1 .....   | 11   |
| 1. SOLUCIÓN TECNOLÓGICA IMPLEMENTADA .....               | 11   |
| 1.1 Tipo de control implementado .....                   | 3    |
| 1.2 El sistema hidráulico de la máquina .....            | 4    |
| 1.2.1 Las electroválvulas del sistema hidráulico .....   | 6    |
| 1.3 El sistema eléctrico de la máquina .....             | 7    |
| 1.3.1 Los sensores de límite del sistema eléctrico ..... | 7    |
| 1.4 El circuito electrónico de control .....             | 8    |
| 1.5 El circuito de control eléctrico .....               | 11   |
| CAPÍTULO 2 .....   | 15   |
| 2. RESULTADOS OBTENIDOS .....                            | 15   |
| 2.1 La placa del circuito impreso .....                  | 15   |
| 2.2 El circuito eléctrico de control .....               | 17   |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....                     | 21   |
| BIBLIOGRAFÍA .....                                       | 23   |

## INTRODUCCIÓN

Una máquina pulidora de cilindros de block, es una de las herramientas más importante para la empresa RECTIGAMOS S. A., dedicada principalmente al servicio de rectificación de motores a combustión. Una de esas máquinas es la pulidora marca AMC SCHOU modelo 260 serie 118, figura I.1. Es una máquina que pule los cilindros de los blocks de los motores por medio de dos movimientos fundamentales, rotación y desplazamiento vertical.

El proyecto descrito aquí, tuvo como objetivo la rehabilitación de ésta máquina pulidora que estuvo paralizada por falta de la tarjeta electrónica de control. Tarjeta que manejaba dos electroválvulas hidráulicas y controlaba los dos movimientos de la máquina. Para la empresa RECTIGAMOS S. A., era necesario y urgente rehabilitar esta máquina, aunque contaba con otras máquinas pulidoras, la referida aquí, es automática y con velocidades mayores a las otras, además de ser única en el taller de la empresa; por tanto ahorra mucho tiempo al cumplir las tareas de pulido. Para conseguir ese objetivo fue necesario diseñar un nuevo sistema de control basado en una nueva tarjeta electrónica y que se acoplara a los elementos ya existentes.

La máquina pulidora, fabricada en el año 1990, no tenía diagrama del sistema hidráulico, por lo que una de las primeras tareas que se realizó, fue el levantamiento de un diagrama hidráulico básico de la máquina; poniendo énfasis en las partes a ser controladas por el nuevo diseño. La otra tarea previa fue conocer qué elementos de potencia y control, se tenía para realizar el sistema de mando, luego comprobarlos para su uso posterior o reemplazarlos según sea el caso.

Realizado el trabajo previo, se contó para ser conectado al sistema de control con: 1 motor eléctrico principal (que acciona a la bomba hidráulica), una pequeña bomba eléctrica que impulsa líquido de pulido (el taller usa diésel) sobre las piedras que pulen en el cabezal de la máquina, 2 electroválvulas, 4 Contactores, relays electromecánicos, dos sensores inductivos de límite, pulsadores que debieron ser reemplazados por fallas, un interruptor de fin de carrera, las protecciones para los motores y, una fuente de 24VDC que alimenta al sistema de control.



Figura I.1: Máquina pulidora de block.

Para realizar el nuevo diseño de control se debió describir el funcionamiento de la máquina con cada electroválvula involucrada en los movimientos de giro y

desplazamiento. Fue necesaria consultas de manuales en internet sobre oleo hidráulica [1]. Se debió entender el funcionamiento, dentro del sistema, de los sensores de límite; tal como se describe en el capítulo 1, donde además presentamos el diagrama hidráulico, los diseños de la tarjeta electrónica y del sistema de control en general. En el capítulo 2 mostramos los resultados obtenidos, aquí presentamos la placa electrónica y el circuito de control ensamblado.

## **CAPÍTULO 1**

### **1. SOLUCIÓN TECNOLÓGICA IMPLEMENTADA**

Esta máquina, para realizar su trabajo, presenta dos movimientos en el cabezal porta-herramienta: de desplazamiento vertical y de rotación; figura 1.1. La longitud del desplazamiento se calibra, tanto a la subida como a la bajada, por medio del ajuste de un vástago, ubicado al costado izquierdo de la máquina, que acerca o aleja los límites a ser sensado (figura 1.2). Al llegar a cada límite, el sensor inductivo respectivo se activa. Si por cualquier motivo el desplazamiento realizado por el cilindro, es mayor al ajustado, actuará un interruptor de fin de carrera deteniendo todo el proceso. La rotación a derecha la realiza un motor hidráulico. Estos dos movimientos se llevan a cabo ya sea de manera manual, donde el operador elige bajar, subir o hacer girar el cabezal por medio de pulsadores. O automáticamente, donde funciona subida, bajada y giro sin la intervención del operador (sí para dar inicio a este modo desde el panel de control).



Figura 1.1: Sentidos de los movimientos



Figura 1.2: Control del desplazamiento

### 1.1 Tipo de control implementado.

El control implementado se basa en una tarjeta electrónica que maneja las electroválvulas de acuerdo a los sensores de límite y elección del operador (manual o automática). No se implementó el sistema de control con solo relays y contactores, porque el funcionamiento continuo del pistón, subiendo y bajando, aceleraría el desgaste de contactos en los relays que maniobran los solenoides de la válvula del cilindro de desplazamiento. En promedio, la máquina está en funcionamiento 3 horas diarias con el cilindro a velocidad de 0,25m/s y desplazamiento de 0,25m nos da que los relays, que manejan las válvulas, se accionarían cada segundo lo que significa 10.800 accionamientos diarios. Si se hubiera utilizado un PLC, igualmente se necesita de los relays o de un driver con mosfet para manejar los solenoides.

La solución, más ajustada a lo existente y económica, fue realizar un control electrónico para manejar los solenoides de las electroválvulas y usando relays y contactores para control de los motores eléctricos. La tabla 1 muestra los datos principales de los motores y electroválvulas (figura 1.3) que fueron controlados, datos tomados de placa de los motores y del fabricante de las válvulas. [2].

| ELEMENTO                        | VOLTAJE (V) | FASES | POTENCIA |
|---------------------------------|-------------|-------|----------|
| Motor Principal                 | 220         | 3     | 30KW     |
| Motor Bomba de aceite de pulido | 220         | 3     | 0,7KW    |
| Electroválvula 4/3              | 24          | DC    | 30W      |
| Electroválvula 4/2              | 24          | DC    | 30W      |

Tabla 1: Datos principales de los motores y válvulas controladas.



Figura 1.3: Motor principal, motor de bomba de pulido y electroválvulas.

## 1.2 El sistema hidráulico de la máquina.

Realizamos un diagrama hidráulico básico, figura 1.4. Este diagrama muestra la válvula V1 controlada por dos solenoides. En la posición de reposo la válvula V1 permite que el flujo que envía la bomba retorne al tanque T. La válvula V2 en reposo mantiene sus vías cerradas. Con las válvulas en reposo, el cilindro y el motor hidráulico permanecen detenidos porque ambas válvulas están cerradas al flujo del aceite hidráulico.

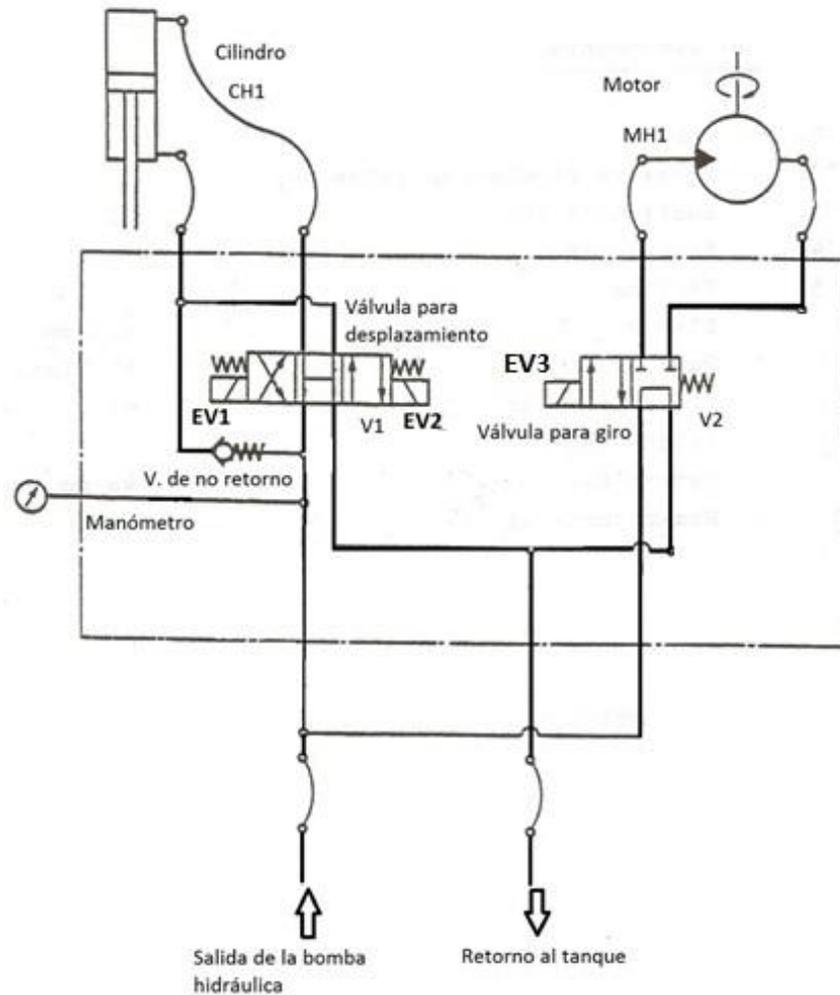


Figura 1.4: Diagrama hidráulico básico

Después de arrancar el motor, con ambas válvulas detenidas, la bomba impulsa el aceite hidráulico hasta la entrada de cada válvula, como en posición de reposo sus entradas están conectadas a los retornos, el flujo continúa por el retorno y llega al filtro, después al tanque. La figura 1.5.a muestra al solenoide EV1 activado por lo que el flujo, que envía la bomba (P), se dirige a la entrada baja del cilindro de doble efecto y el flujo de retorno (T) se dirige a la entrada superior del cilindro; haciendo que el pistón suba. La figura 1.5.b muestra al

solenoides EV2 activado y el flujo que envía la bomba es dirigido a la entrada superior del cilindro y el retorno se conecta a la entrada baja del cilindro; haciendo que el pistón baje. La activación del solenoide EV3, figura 1.5.c, conecta el motor hidráulico a las líneas de flujo y retorno, permitiéndole girar.

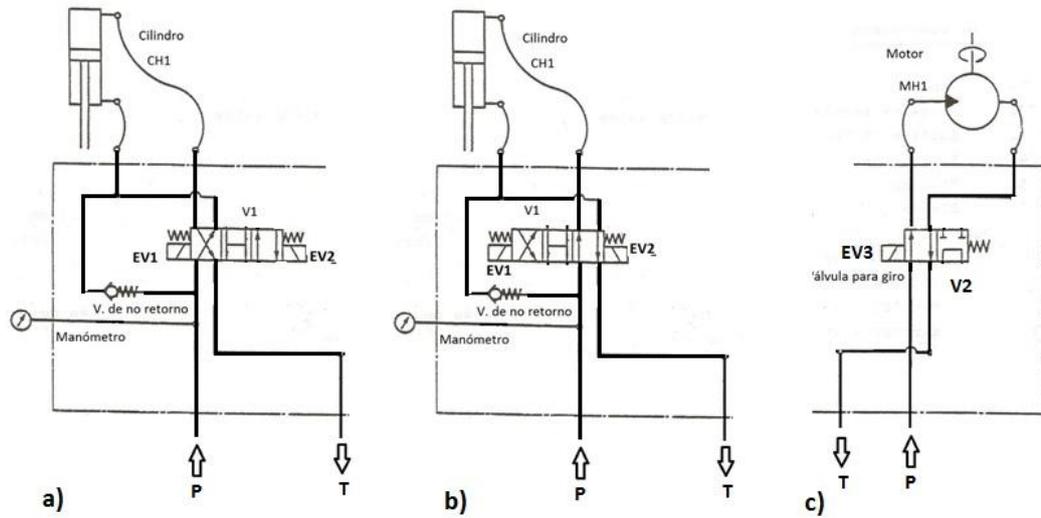


Figura 1.5: Conexiones activando las electroválvulas a) EV1, b) EV2, c) EV3.

### 1.2.1 Las electroválvulas del sistema

Son dos las electroválvulas con que opera esta máquina, ambas con solenoides de 24VDC. La válvula que gobierna el cilindro hidráulico es de 4 vías y 3 posiciones y la que gobierna al motor hidráulico es de 4 vías y 2 posiciones, son del fabricante Parker [3], modelo: D1VW2CNJC para el desplazamiento del cilindro y el modelo D3W-8E-JJH-23, válvula de 4 vías y 2 posiciones que acciona el motor hidráulico.

### **1.3 El sistema eléctrico de la máquina.**

Al sistema eléctrico se lo dividió en dos partes fundamentales: el circuito electrónico de control y el circuito eléctrico de control. El circuito electrónico consta de una placa de circuitos con los elementos necesarios para manejar los solenoides de las válvulas en modos manual y automático. Antes de describir el circuito electrónico veamos cómo trabajan los sensores de límite.

#### **1.3.1 Los sensores de límite del sistema de control.**

El sistema usa 2 sensores inductivos BERNSTEIN [4] para el ajuste del desplazamiento de trabajo que realiza el cabezal portaherramientas. También usa 1 interruptor de fin de carrera que se usa por seguridad deteniendo la máquina cuando el desplazamiento hacia abajo es demasiado (el cabezal no debe golpear sobre el block del motor). La figura 1.6 muestra el sensor inductivo, que es usado en la máquina y la disposición en que se encuentran los 3 dispositivos de límite. Una leva se mantiene activando a los dos sensores cuando el desplazamiento se encuentra entre los límites ajustados. La disposición de la leva en la figura 1.6 es de haber pasado el límite superior y por tanto el sensor B1 se abrirá. El movimiento vertical del eje se traduce en un movimiento de la leva de izquierda a derecha y viceversa. Cuando la leva empieza a girar hacia la izquierda, es indicación de que el eje está bajando, si baja bastante alcanzará al fin de carrera que apagará la máquina. Si la leva gira a la derecha, es indicación de que el cabezal está subiendo y si

sube demasiado la leva acciona el fin de carrera y detiene todo el proceso.

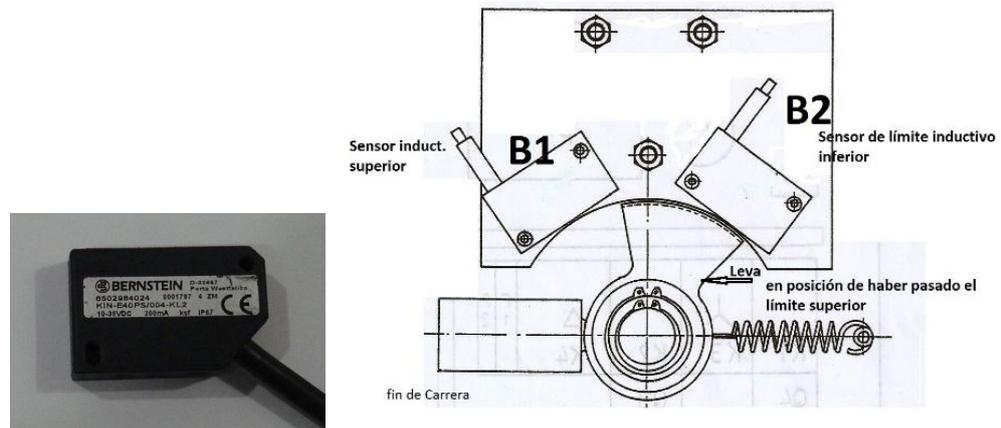


Figura 1.6: Sensor inductivo y su trabajo

#### 1.4 El circuito electrónico de control.

El sistema diseñado de control electrónico se muestra en la figura 1.7. Para esto se utilizó, principalmente, 4 puertas AND, 6 Buffer Inversor, 6 Buffer No-inversor, 3 MOSFET IRF y demás semiconductores. El circuito se alimenta con 24VDC que le llega a través del terminal J1 para después regularlo a 12VDC que alimentan a los IC. En J2 se conectan los dos sensores inductivos que son alimentados con 12VDC. En J3 llegan los pulsadores de subida manual, bajada manual, giro manual y el contacto que inicia el funcionamiento automático. En J4 se conectan los 3 solenoides de las válvulas.

Las 3 puertas AND (IC1) y los amplificadores (IC2) controlan el funcionamiento automático iniciado por el cierre de un contacto enclavado de un relays (a su vez accionado por el pulsador de marcha automática) que entrega 24VDC al terminal J3-4 que después se transforma en 12VDC por medio del regulador IC4 que alimenta al IC1 y al IC2. Los sensores inductivos, que indican el límite superior o inferior alcanzado, van conectados a una entrada de las puertas AND; estas entradas estarían, las dos, en nivel alto si La máquina se ha parado en una posición media entre los dos límites. O será una baja y otra alta si ha coincidido la detención de la máquina en uno de los extremos.

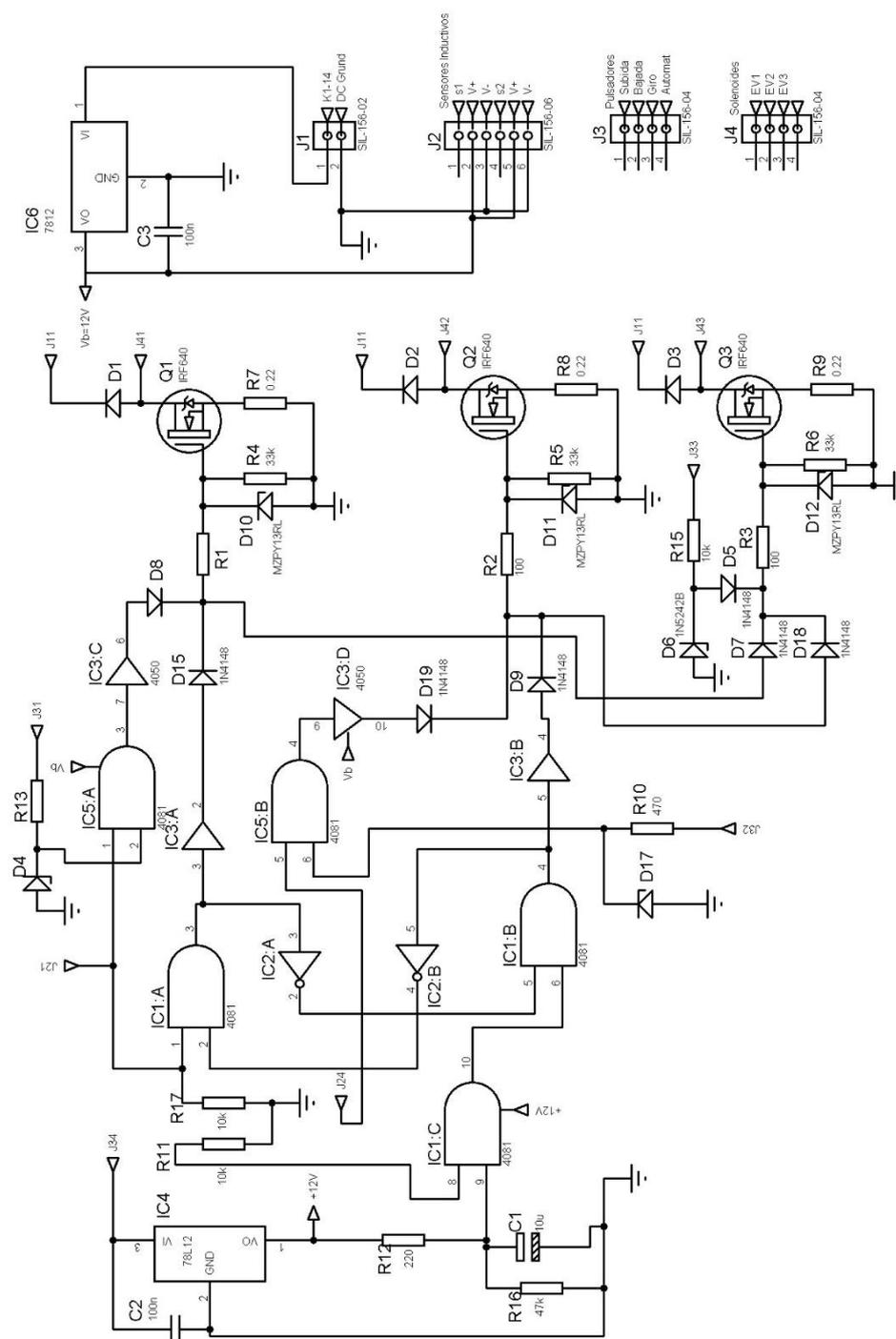


Figura 1.7: Circuito electrónico de control

Inicialmente, cuando en J3-4 llegan 24VDC, la puerta C del IC1 pone en el pin 10, cero voltios (debido a que en la entrada del pin 9 el capacitor mantiene un nivel bajo al inicio). Esto hace que en el pin 4 del IC1B también sea cero voltios. Por un lado en el pin 4 del IC3B se pone a cero voltios ya que su entrada está a cero; y por otro lado en el pin 4 del IC2B hay nivel alto de voltaje (inversor. Entonces en la entrada, pin 2 de la puerta A del IC1, hay nivel alto de voltaje y en la otra entrada también tenemos alto (asumiendo que el pistón quedó a medio camino), entonces a la salida de la puerta A del IC1 tenemos 12 voltios, que alimentan al gate del mosfet Q1 que termina accionando al solenoide EV1 que ubica a la válvula para subir el pistón hasta que el sensor inductivo lo detenga y el circuito electrónico inicie el descenso que se detiene cuando el sensor de límite bajo se abra y repita el ciclo indefinidamente hasta que el operario lo detenga presionando el botón de Paro automático.

Cuando se acciona el pulsador de subida manual que llega al J3-1, se alimenta el gate del mosfet Q1 y conduce haciendo que quede alimentado el solenoide EV1 a través del terminal J41. Algo parecido ocurre cuando se acciona el pulsador de bajada manual, que hace conducir al Q2 que alimenta al solenoide EV2, a través del terminal J42 y el pistón baja. Cuando se pulsa el giro manual el Q3 conduce y alimenta al solenoide EV3 haciendo girar al motor hidráulico.

## **1.5 El circuito de control eléctrico**

El circuito eléctrico diseñado del sistema se muestra en las figuras 1.8 y 1.9. Empezamos el análisis en la figura 1.8. Una vez que se acciona el breaker principal (no mostrado en el circuito), se obtienen los 24VDC que alimentan al

sistema; el contacto de SE (paro de emergencia), el de S1 (fin de carrera) y S2 (paro de la máquina) permiten que al pulsar S3 (marcha) se energice la bobina del relay K1 y lo deje enclavado. En la figura 1.9, otro contacto del K1 se cierra y activa la bobina del contactor KM1 y al temporizador T, cuyo contacto normalmente cerrado activa la bobina del contactor KM3, lo que hace que se energice al motor en configuración "Y" y se produce el arranque del motor principal. Luego de pasado 2 segundos, el temporizador cambia su estado y su contacto activa la bobina del KM2 que conecta al motor en configuración delta ( $\Delta$ ), en cuya configuración queda trabajando (la bomba hidráulica opera). Observar que la bomba eléctrica del líquido de pulido puede ser accionada manualmente presionando el S9 o cuando se cierra contacto del K2 que es relay de funcionamiento automático.

Entonces la bomba ya impulsa aceite hidráulico, pero no hay ningún movimiento. De vuelta a la figura 1.8, la operación manual se inicia con solo presionar cualquiera de los pulsadores S6, S7, o S8 según se quiera subir, bajar o girar respectivamente el cabezo. El funcionamiento automático se inicia presionando el pulsador S5 energizando al relay K2 que se enclava, lo que energiza a la sección automática de la tarjeta electrónica, operando indefinidamente (movimientos de desplazamiento y rotación) hasta que se presione el S4 que detiene la máquina.

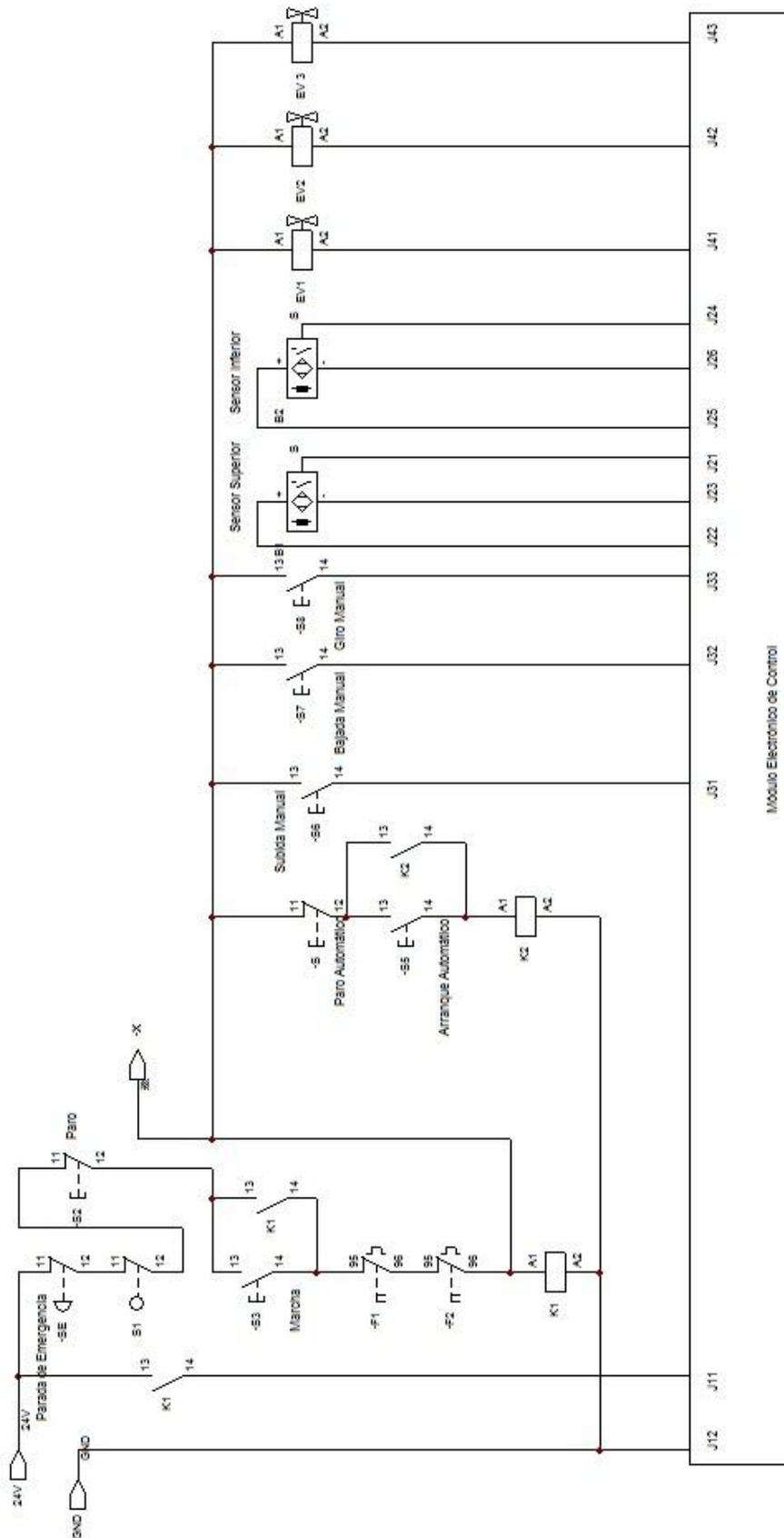


Figura 1.8: Control Principal

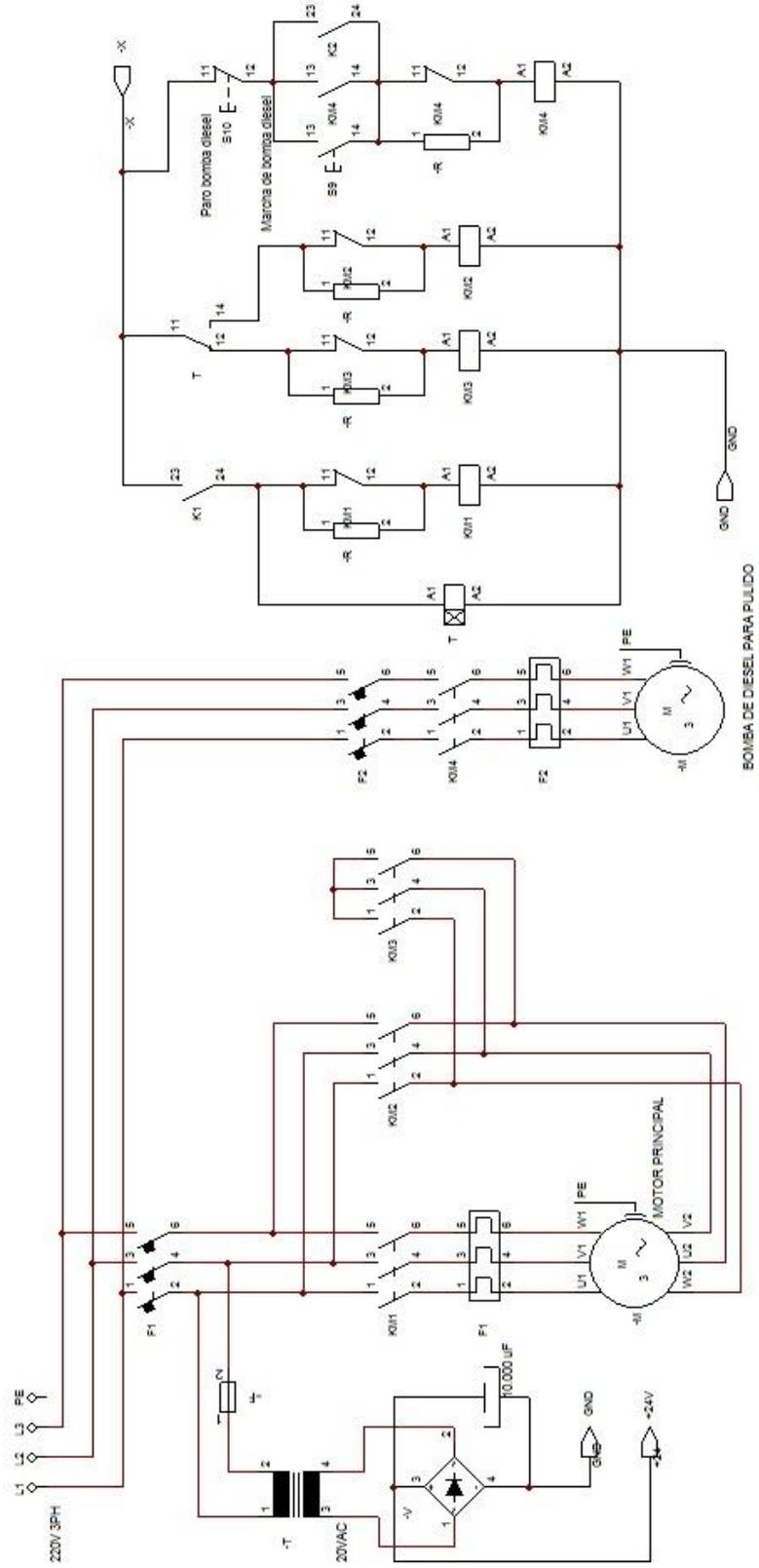


Figura 1.9: Circuito de Fuerza y Control

## **CAPITULO 2**

### **2. LOS RESULTADOS OBTENIDOS**

Planteamos y definimos el problema en la introducción, después mostramos las herramientas y solución tecnológica que habíamos empleados para resolver el problema. Se diseñó y se analizó cada solución viendo la viabilidad de los circuitos, pero ahora se presentan los resultados. Esto es la construcción de una placa de circuito impreso, el montaje de los elementos en esa placa, el montaje del circuito eléctrico de control sobre el tablero de la máquina y la puesta en funcionamiento.

#### **2.1 La placa de circuito impreso.**

La placa para el sistema de control electrónico se la realiza usando el software de diseño electrónico "Proteus". La placa tiene un área de 80mm X 150mm, medida que tiene la base donde iba la tarjeta original ya que en la misma base se va a montar el nuevo diseño. En la figura 2.1 se muestra el arte (pistas) de la placa y en la figura 2.2 una imagen de la placa generada por Proteus. La lista

de materiales usados para su construcción se presenta en la tabla 2. Esta placa fue construida en plancha de fibra de vidrio. En la figura 2.3 se muestra la ubicación de la placa ya conectada en el sistema de control.

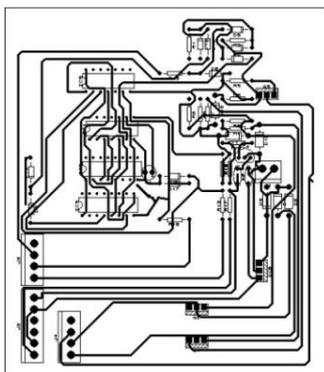


Figura 2.1: Arte para de la placa del circuito impreso



Foto 2.2: Imagen generada por Proteus de la placa



Figura 2.3. Foto de la placa montada.

| LISTA DE MATERIALES PARA TARJETA ELECTRÓNICA |   |        |
|--|---|--------|
| CANTIDAD                                     | DESCRIPCIÓN   | PRECIO |
| 1  | Baquelita 80mm X 150mm con circuito impreso y perforada | 25,00  |
| 3  | Mosfet IRF640N  | 6,00   |
| 2  | IC CD4081   | 2,80   |
| 1  | IC CD4049   | 2,50   |
| 1  | IC CD4050   | 2,80   |
| 1  | IC LM78L12  | 1,80   |
| 1  | IC LM7812   | 1,20   |
| 16   | Resistencias  | 0,80   |
| 3  | Capacitores   | 0,90   |
| 6  | Diodos Zener  | 2,40   |
| 8  | Diodos 1N4148   | 1,60   |
| 3  | Diodos 1N4007G  | 0,45   |
| 1  | Terminales SIL-156-02                                   | 0,80   |
| 1  | Terminales SIL-156-06                                   | 1,00   |
| 2  | Terminales SIL-156-04                                   | 0,6    |
|  | TOTAL   | 50,65  |

Tabla 2: Lista de componentes para la placa electrónica de control

## 2.2 El circuito eléctrico de control

El sistema eléctrico de control en conjunto se muestra en la figura 2.4. Los contactores, guarda motores, relés térmicos y fuente 24VDC no se desmontaron. El cableado se revisó y a partir del original se empezó a realizar las modificaciones para armar el nuevo sistema de control. La máquina

actualmente está trabando a full y resulta inapropiado y molesto tratar de tomar fotografías que evidencien el trabajo realizado.

Para el circuito eléctrico se necesitó adquirir los dos relays K1 y K2 con bobinas de 24 VDC y los pulsadores a excepción del pulsador de paro de emergencia tipo hongo que estaba en excelente condición. En la tabla 3 se muestran los elementos que conforman el circuito eléctrico.

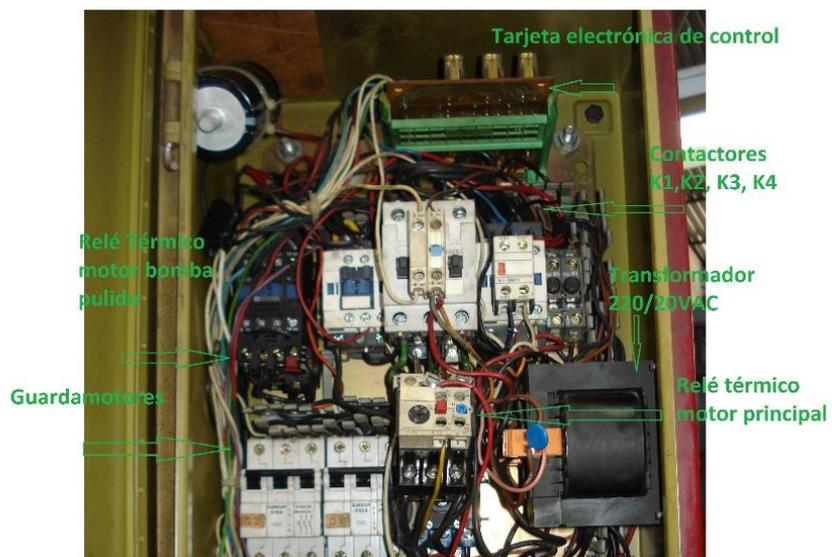


Figura 2.4: El sistema eléctrico de control

| LISTA DE MATERIALES PARA EL CONTROL ELECTRICO |                                       |
|---|---------------------------------------|
| CANTIDAD                                      | DESCRIPCIÓN                           |
| 3   | Contactores 10HP, 220V, AC3           |
| 1   | Contactador 1,5HP, 220V, AC3          |
| 1   | Temporizador a la conexión            |
| 2   | Relés electromecánicos                |
| 2   | Relés Térmicos                        |
| 2   | Sensores inductivos                   |
| 1   | Interruptor de fin de carrera         |
| 1   | Pulsador de paro emergencia tipo seta |
| 3   | Pulsadores NC de paro                 |
| 6   | Pulsadores NO de marcha               |

Tabla 3: Materiales para el control eléctrico

En la figura 2.5 se muestra el panel frontal con los pulsadores que controlan a la máquina. Las palancas de ajustes de velocidades de desplazamiento se muestran a la derecha de la figura, son palancas que accionan directamente sobre las válvulas de control de flujo que alimentan a las electroválvulas de desplazamiento y de rotación. Al lado izquierdo se ubican los pulsadores de arranque y paro de los motores eléctricos así como también los pulsadores para arrancar y para los modos de funcionamiento manual y automático de la máquina.



Figura 2.5: Ubicación de los pulsadores

Con esto se termina la presentación de éste trabajo desarrollado en el transcurso de dos semanas en octubre del 2010. Esta máquina está funcionando hasta la fecha presente sin mayores inconvenientes.

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **Conclusiones**

1. Con el nuevo sistema de control diseñado y montado, la máquina nuevamente estuvo operativa, significando para la empresa mejorar los tiempos de entrega de las obras, mejorando su servicio.
2. El proyecto que se realizó ha contribuido grandemente a identificar y resaltar los puntos que hay que considerar para llevar a cabo una implementación exitosa de los sistemas de control.
3. Uno de los puntos más importantes en la elaboración del proyecto fue la planeación de lo que se quiso realizar y qué se esperaba obtener, así se desarrolló una evaluación de las posibles alternativas y de los posibles caminos para realizar la implementación.

4. Estos tipos de proyectos son acertados en tiempos difíciles en la economía de una empresa, ofreciéndole una alternativa más austera con el fin de que la calidad de su servicio no decaiga.

### **Recomendaciones**

1. Es importante adiestrar a los operadores de la máquina, no solo para que se haga un buen uso de ella, sino también en el mantenimiento básico de la herramienta que garantice un servicio de calidad.
2. Se recomienda que periódicamente se realicen mantenimientos preventivos, especialmente del sistema hidráulico que empieza a tener leves fugas de aceite.
3. Se recomienda contratar un servicio que haga el levantamiento del diagrama hidráulico detallado para futuras referencias.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] Shipren S. A. Manual Básico de Oleohidráulica.  
[http://www.sohipren.com/imagenes/pdf1/Manual\\_Basico\\_de\\_Oleohidraulica.pdf](http://www.sohipren.com/imagenes/pdf1/Manual_Basico_de_Oleohidraulica.pdf)  
Diciembre 20 de 2014
  
- [2] Parker Hannifin Corporation  
Valve Division <http://www.parker.com/hydraulicvalve>,  
Diciembre 20 de 2014
  
- [3] Parker Hannifin Corporation  
Parker Series D3W, Technical information  
Valve Division <http://www.parker.com/hydraulicvalve>,  
Diciembre 20 de 2014
  
- [4] Bernstein Company  
<http://www.bernstein.eu/en/products/sensor-systems/inductive-sensors/>  
Enero 20 de 2015