

UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

## AUTOMATIZACIÓN DE UNA MÁQUINA SUAJADORA PARA EL CALZADO

PARA OBTENER EL TÍTULO  
INGENIERO EN ELECTRÓNICA

PRESENTA  
JESÚS ESPINOSA GUZMÁN

ASESOR DE TESIS  
M.I. SALVADOR RAMÍREZ ZAVALA

MORELIA, MICHOACÁN, SEPTIEMBRE DE 2011

## **Agradecimientos:**

### **A mi mama**

Agradezco a mi mama por su incondicional apoyo para continuar trabajando en mis estudios y por creer en mí cuando más lo necesitaba.

### **A mis hermanos**

Mis hermanos Jaime, Lola y Rosa Issela por apoyarme en momentos difíciles y alentarme a continuar adelante

### **A mis amigos**

Todos mis compañeros de la carrera que siempre estuvieron conmigo trabajando en la institución.

### **A mis maestros**

A mis maestros que siempre me llevaron por el buen camino y me apoyaron en mi aprendizaje.

### **A mi asesor**

M.I. Salvador Ramírez Zavala por apoyarme a terminar mi carrera al asesorarme en mi proyecto de tesis.

¡Muchas gracias!...

## **Dedicatoria**

Esta dedicatoria es para mis familiares especialmente para mi mama y mis hermanos que gracias a ellos soy una persona más preparada en esta vida.

A mi tío Porfirio Fernández Sánchez que dios lo tenga en su gloria por haberme apoyado a continuar con mi carrera.

A mis abuelos

Dolores Fernández y Octaviano Guzmán por el apoyo incondicional para la realización de mis proyectos en la vida.

## Resumen

En este proyecto se muestra como se recuperó una máquina suajadora mecánica que se encontraba completamente en el abandono y como desecho, en este proyecto se recuperó ese equipo y se reutilizó haciéndolo más efectivo y logrando tener mejores resultados en cuestión a la forma cómo funcionaba anteriormente. A esta máquina se le adaptó un dispositivo de control el cual hace trabajar a la máquina de dos diferentes maneras como el modo automático en este modo la máquina trabaja con un botón de inicio el cual enciende el motor que hace girar el brazo hacia el lado derecho y después detecta el suaje mediante un sensor inductivo manda una señal a la electroválvula para que mediante un pistón neumático corte la piel y después regresa el brazo hacia el lado izquierdo hasta encontrar su límite y continuar nuevamente con el ciclo.

El segundo modo que es el semiautomático es manipulado por el operador mediante botones que hacen girar el brazo de la máquina suajadora hacia el lado derecho y lado izquierdo según lo requiera el operador y a su vez activando la electroválvula que le proporciona la presión de aire comprimido al pistón neumático para realizar el corte de las piezas que conforman el calzado.

Para la realización de este proyecto se seleccionaron varios elementos siendo el principal elemento se seleccionó un microcontrolador pic16f877 de la familia de microchip, este se encarga de obtener las señales de sensores como son los de interrupción y el sensor inductivo, también es encargado de comunicarse con los botones que son utilizados tanto en el modo automático como en semiautomático además el microcontrolador también es el que manda las señales a los relevadores de estado sólido que son los que interactúan con el motor de corriente alterna y con la bobina de la electroválvula, para realizar todo el sistema de control.

Se presentaron pruebas con la máquina suajadora y se observó que todos los elementos realizaran su correcto funcionamiento y que los modos de operación funcionaran a la perfección como es el modo automático y el modo semiautomático según lo eligiera el usuario.

# Contenido

Agradecimientos .....	i
Dedicatoria .....	ii
Resumen .....	iii
Lista de Figuras.....	vi
Lista de Tablas.....	ix
Lista de Símbolos y Abreviaciones .....	x
<b>Capítulo 1. Introducción</b>	
1.1 Antecedentes .....	2
1.2 Objetivos .....	3
1.3 Justificación.....	3
1.4 Metodología.....	4
1.5 Descripción de los capítulos .....	4
<b>Capítulo 2. Control de la máquina suajadora y sus elementos utilizados.</b>	
2.1 Funcionamiento de la máquina mecánica suajadora .....	8
2.1.1 Suajes.....	9
2.2. Cambios realizados en la máquina suajadora mecánica.....	9
2.3 Elementos electrónicos utilizados para el control de la máquina suajadora.....	10
2.3.1 Microcontrolador.....	11
2.3.2 Aplicación de los Microcontroladores.....	11
2.3.3 Tipo de microcontroladores.....	11
2.4 Pantalla de cristal líquido (LCD).....	15
2.5 Sensores.....	16
2.5.1 Sensores de inicio e interrupción.....	16
2.5.2 Sensor inductivo.....	17
2.6 Motor monofásico de fase partida.....	18

2.7 Relevador de estado sólido.....	20
2.8 Neumático.....	21
2.9 Resumen.....	21

### **Capítulo 3. Automatización de la máquina suajadora**

3.1. Implementación mecánica de la máquina suajadora.....	24
3.2 Hardware para el sistema de control de una máquina mecánica suajadora.....	25
3.3 Software para el sistema de control de una máquina mecánica suajadora.....	33
3.4 Resumen.....	38

### **Capitulo 4. Pruebas y Resultados**

4.1 Primera prueba comprobando la pantalla de LCD y sus leyendas.....	41
4.2 Segunda prueba utilizando un circuito integrado por lámparas de 127 volts....	43
4.3 Prueba con la máquina suajadora en modo semiautomático.....	46
4.4 Prueba observando el correcto funcionamiento los sensores de interrupción .	47
4.5 Prueba realizada con la máquina suajadora en modo automático.....	48
4.6 Resumen.....	48

### **Capitulo 5. Conclusiones, Bibliografías**

5.1 Trabajos futuros .....	51
----------------------------	----

# Lista de Figuras

Figura 2.1. Máquina suajadora manual.....	5
Figura 2.2. Máquina suajadora mecánica con brazo manual.....	6
Figura 2.3 Máquina suajadora hidráulica con brazo manual.....	6
Figura 2.4 Máquina suajadora hidráulica semiautomática.....	7
Figura 2.5 Partes fundamentales de la máquina mecánica suajadora.....	9
Figura 2.6 Suajes para el calzado.....	9
Figura 2.7 Automatización de la Máquina suajadora mecánica.....	10
Figura 2.8 Sistema microcontrolado.....	11
Figura 2.9 Diagrama de un Microcontrolador.....	14
Figura 2.10 Diagrama de bloques del microcontrolador.....	14
Figura 2.11 Pantalla de cristal liquido.....	15
Figura 2.12 Sensor de inicio e interrupción del sistema.....	17
Figura 2.13 Tipos de sensores inductivos.....	18
Figura 2.14 Diagrama de Sensor Inductivo.....	18
Figura 2.15 Motor de Fase Partida.....	19
Figura 2.16 Relevador de estado sólido CA.....	20
Figura 2.17 Electroválvula Neumática.....	21
Figura 3.1 Control de la máquina suajadora y sus componentes.....	22
Figura 3.2 Diagrama de bloques del sistema a controlar.....	23
Figura 3.3 Diagrama de bloques y control del sistema.....	24
Figura 3.4 Catarinas y pistón neumático del sistema de control.....	25
Figura 3.5 Diagrama de bloques del circuito de control con el microcontrolador y sus elementos.....	26
Figura 3.6 Diagrama general del microcontrolador con los elementos de control..	27
Figura 3.7 Diagrama de conexión de la pantalla de cristal líquido (LCD) al microcontrolador .....	28

Figura 3.8 Diagrama de conexión de los sensores de control para la máquina suajadora.....	39
Figura 3.9 Diagrama de conexión en el microcontrolador del sensor inductivo.....	30
Figura 3.10 Diagrama de conexión de las salidas control a los relevadores.....	31
Figura 3.11 Diagrama esquemático del circuito de control de máquina mecánica suajadora .....	32
Figura 3.12 Diagrama real del circuito de control de la máquina suajadora.....	33
Figura 3.13 Diagrama de flujo de control del software de la máquina mecánica suajadora.....	34
Figura 3.14 Diagrama de flujo de modo automático del sistema de control del software .....	35
Figura 3.15 Diagrama de flujo de modo semiautomático del sistema de control del software.....	36
Figura3.16 Diagrama general del software de control de la máquina mecánica suajadora.....	37
Figura 4.1 Circuito de control de la máquina suajadora.....	39
Figura 4.2 Máquina suajadora con los elementos para el seleccionados del sistema de control.....	41
Figura 4.3 Pantalla LCD mostrando leyenda “Elige Modo” .....	42
Figura 4.4 Pantalla LCD mostrando la leyenda “SEMI-AUTOM ELEGIDO” .....	42
Figura 4.5 Pantalla LCD mostrando la leyenda “AUTOMATICO ELEGIDO” .....	42
Figura 4.6 Circuito de prueba con lámparas de 127 volts.....	43
Figura 4.7-A. Simulación girando el motor hacia la derecha.....	44
Figura 4.7-B. Simulación motor girando hacia la izquierda.....	45

Figura 4.7-C. Simulación activando la electroválvula.....	45
Figura 4.8 Prueba utilizando el modo semiautomático realizando el corte de la piel .....	46
Figura 4.9 Probando los límites mediante las interrupciones en modo semiautomático.....	47
Figura 4.10 Presionando el botón de inicio del modo automático.....	48

## Lista de Tablas

Tabla 2.1 Aplicación de los microcontroladores.....	12
Tabla 2.2 Fabricantes y modelos de microcontroladores.....	13
Tabla 2.3 Descripción de Pines de Pantalla de LCD.....	16

## Lista de Símbolos y Abreviaciones

CA.	Corriente alterna
HP	Caballos de fuerza
GND	Tierra de alimentación
CD.	Corriente directa
V	Voltaje
R.p.m.	Revoluciones por minuto
mA	Mili Ampers
VCA.	Voltaje de corriente alterna.
VCD.	Voltaje de corriente alterna.
MHz	Mega hertz
Mc	Microcontrolador



# Capítulo 1

## Introducción

La fabricación de calzado, es un proceso de trabajo fabril, que se divide en ocho departamentos de manera general, que son:

- 1) Corte o destrozado. Este departamento es el primer departamento productivo de las fábricas; aquí se cortan (ó destrozan) la piel y el forro en las diferentes piezas que forman el calzado. Existen dos formas para hacerlo: manualmente o con máquinas suajadoras.
- 2) Pespunte. Este departamento es donde se unen todas las piezas cortadas mediante el pespunte con hilo para el calzado.
- 3) Avío. Dentro de este departamento se cortan las suelas que utilizan el calzado, mediante hule o baqueta.
- 4) Montado. Este departamento ya cuando está conformado el zapato mediante el pespunte se monta en las hormas que simulan el pie humano para así obtener la forma del calzado.
- 5) Ensuelado. Una vez montado el calzado se comienza a utilizar el pegamento con el que se une la suela y el calzado ya montado.
- 6) Entaconado. En este departamento se pega con pegamento el tacón sobre la suela y después se clava para obtener una mejor fijación del el zapato.
- 7) Acabado. El departamento de acabado, es el encargado de eliminar todos los sobrantes tanto del pespunte como del ensuelado esto para dar un mejor terminado.
- 8) Adorno. El departamento de adorno del zapato, es mediante lustrado para dar una mejor imagen y presentación en el mercado.

Estos son los más comunes en León, Guanajuato, aunque algunas fábricas incluyen otros departamentos como serían los de hormas y de control de calidad, pero su existencia no se ha extendido a toda la industria [1].

Una de las piezas importantes en el departamento de corte son el uso de las maquinas suajadoras, que cada vez van evolucionando con el paso de los años provocando

## Capítulo 1. Introducción.

que después de terminar su vida útil, estos equipos sean abandonados, tirados a la basura o en su caso vendidos como fierro viejo para obtener alguna ganancia, por mínima que sea.

La posibilidad de rescatar estos equipos es lo que me motiva a la elaboración de esta investigación, como también el proveer a las empresas una alternativa de operación que reduzca de forma significativa sus costos de producción en el consumo de energía eléctrica, por el uso de esta maquinaria. Como también por los tiempos actuales donde el aspecto ecológico es importante, cualquier esfuerzo que hacen las empresas por el mejoramiento y cuidado del medio ambiente es siempre bien recibido por las autoridades en el cobro de impuestos, así como los consumidores finales que les genera simpatía y gusto por el producto, beneficiando de manera indirecta a la empresa.

La conversión del funcionamiento de la máquina suajadora que se realiza en este trabajo, consiste en reemplazar la aplicación de la fuerza necesaria para el brazo mecánico y para el corte de material con un sistema neumático, que proporcione el mismo trabajo con un menor consumo de energía de una forma automática a través de un control que utiliza un microcontrolador. Logrando con esto una mayor eficiencia en el manejo de la maquinaria como en el consumo de energía.

### **1.1. Antecedentes**

La problemática común de toda empresa que posee una máquina suajadora es al término de su vida útil, debido al desgaste en sus piezas que la conforman quedan inútiles, ya que el costo de reparación de partes y de motores lo hace incosteable. Ocasionando que la mayoría de estas máquinas se queden almacenadas sin utilizarse en una bodega. Dejando esto a la empresa como única alternativa la adquisición de otra máquina, con los gastos que implica.

La utilización de aire comprimido en lugar de fuerza mecánica producida directamente por la energía eléctrica, produce el mismo resultado de trabajo con un consumo de energía mucho menor, el resultado más notorio para una empresa que reemplaza este tipo de energía para producir el trabajo que requiere es principalmente en los costos.

Este ahorro hace que sea factible la utilización de producción de trabajo con aire comprimido en las suajadoras, ya que el ahorro en el costo de energía eléctrica es

## Capítulo 1. Introducción.

considerable y equiparable con los gastos que se necesitan para transformar una máquina mecánica en una neumática.

### **1.2. Objetivo**

Convertir el funcionamiento manual del brazo mecánico de corte de una máquina suajadora en un brazo controlado automáticamente mediante un motor de corriente alterna a través de un control que utilizará un microcontrolador, así como también modificar el sistema de corte mecánico a un sistema neumático.

### **1.3. Justificación**

El funcionamiento normal de una máquina mecánica suajadora es el de mover un contrapeso que gira sobre un eje por medio de un motor de C.A. de 2 HP utilizando su inercia para realizar el corte de la piel, este movimiento provoca un desgaste entre sus piezas provocando que la maquina suajadora alcance el término de su vida útil.

Cuando el volante de una máquina mecánica suajadora se desgasta lo suficiente el costo de reemplazarlo es muy elevado, de igual forma el motor que mueve al volante cuando termina su vida útil es igualmente costoso reemplazarlo; tanto, que las empresas adquieren otra máquina suajadora en lugar de arreglar o reparar la desgastada.

El beneficio de este trabajo que se proporciona a una empresa que utiliza una máquina mecánica suajadora para el corte de material es principalmente en la reducción de costos, tanto en consumo de energía eléctrica como la reutilización de un equipo que comúnmente se considera perdido por haber terminado su vida útil de trabajo.

La propuesta de ahorro es en cuanto al mecanismo, se reemplaza por uno que funciona a base de aire totalmente diferente al mecánico que utiliza el volante, y en el motor eléctrico se reemplaza por una compresora de aire de los mismos 2 HP, pero trabajando sólo con la mitad de la energía eléctrica que utiliza el otro motor, lo que significa un ahorro considerable en el consumo constante de energía eléctrica.

El costo del mecanismo a base de aire es sólo de una sexta parte del precio total de la máquina suajadora nueva.

## **1.4. Metodología**

La metodología es mediante revisión bibliográfica y una investigación de campo en las fábricas de calzado, para este proyecto es necesario tener conocimientos sobre el control e instrumentación, por lo que se necesita desarrollarse como ingeniero electrónico o ingeniero eléctrico donde se obtienen los conocimientos básicos, como son el manejo de circuitos electrónicos y circuitos eléctricos como es el caso del microcontrolador que es el encargado de realizar la función principal controlando todos los elementos para funcionamiento de la máquina suajadora; el motor de fase partida que se encarga de mover y posicionar el brazo seguido de los diferentes sensores encargados de iniciar el proceso y de detenerlo, para llegar hacer el funcionamiento correcto del control de la máquina suajadora.

## **1.5. Contenido de la tesis.**

En el Capítulo 1 se presenta una pequeña introducción sobre el tipo de máquina, el funcionamiento normal y en qué consiste la modificación y los beneficios.

En el Capítulo 2 se describen los tipos de maquinas suajadoras, sus funcionamientos y los elementos que integran el control de la máquina.

En el Capítulo 3 se describe la automatización realizada para la modificación de la máquina mecánica suajadora.

En el Capítulo 4 se muestran las pruebas realizadas al circuito de control y a la máquina automatizada.

El Capítulo 5 muestra las conclusiones obtenidas de este trabajo.

## Capítulo 2

### Control de la máquina suajadora y sus elementos utilizados

En este capítulo se describe el funcionamiento y los diferentes tipos de máquinas suajadoras, así como los elementos a utilizar para el control del prototipo desarrollado en este trabajo. Las máquinas suajadoras son las primeras con las que se inicia el proceso de fabricación del calzado, siendo una herramienta principal utilizada para cortar la piel en diferentes tamaños y formas del calzado. Actualmente existen diferentes tipos de máquinas suajadoras como pueden ser del tipo: manual, mecánica, hidráulicas manuales e hidráulicas semiautomáticas. Estas se muestran en las Figuras (2.1) (2.2) (2.3) (2.4).



Figura 2.1 Máquina suajadora manual.

Capítulo 2. Control de la Máquina Suajadora y sus Elementos Utilizados.



Figura 2.2. Máquina suajadora mecánica con brazo manual.



Figura 2.3 Máquina suajadora hidráulica con brazo manual.



Figura 2.4 Máquina suajadora hidráulica semiautomática.

Las máquinas manuales son muy difícil de encontrar, estas utilizan la fuerza humana mediante una palanca para realizar el corte esto ha hecho que se desechen casi por completo; las máquinas mecánicas cuentan con un volante, el que gira sobre un eje y por la inercia que lleva realiza una fuerza mecánica con la que se realiza el corte; las máquinas hidráulicas manuales son muy parecidas a las máquinas mecánicas la única diferencia que tiene es que la presión que ejerce sobre el suaje es mediante la presión del aceite en un pistón y su funcionamiento del brazo posicionado es mediante la forma manual; las máquinas hidráulicas semiautomáticas ejercen la misma fuerza pero resaltan por su eficiencia en el posicionamiento del brazo este se realiza mediante válvulas manuales que manipulan el brazo. Un problema muy común que existe en las fábricas del país del calzado es el desecho de máquinas suajadoras del tipo mecánico por el hecho de ser muy antiguas y por la falta de automatización de dicha máquina, siendo estas las herramientas principales en las fábricas de calzado. Por ejemplo, en la ciudad de León Guanajuato, que es donde se concentran la mayoría de las empresas que se dedican a la producción de calzado, en la mayoría de las fabricas han desplazado las máquinas mecánicas por hidráulicas, esta tendencia la ha adoptado el municipio de Purépero Michoacán, que es un gran productor de calzado industrial, lo que ha llevado a empresas de esta localidad a desechar la

mayoría de las máquinas suajadoras mecánicas en las fabricas de calzado. Y por este hecho se realiza este proyecto en este municipio.

Así el principal objetivo de este proyecto es cambiar todo el sistema mecánico por un control totalmente automático o semiautomático; para el posicionamiento del brazo cortador y para su sistema de cortado aprovechar más la energía con un sistema tipo neumático el cual es más económico que el hidráulico o mecánico que existe en las fábricas de calzado.

## 2.1 Funcionamiento de la máquina mecánica suajadora

En la Figura 2.5 se muestra el funcionamiento de las partes fundamentales de la máquina mecánica suajadora, inicialmente es mediante un volante que tiene un forma circular con diámetro de 1 metro, 0.10 metros de ancho y un peso aproximadamente de 80 kilogramos este volante gira sobre un eje. El motor está conectado al volante mediante una banda la cual hace girar al mismo, con esto se genera una inercia constante y a su vez una fuerza suficiente para el corte de las piezas, esta fuerza se transmite al momento de que una cuña interactúa entre el volante de inercia y el eje del brazo.

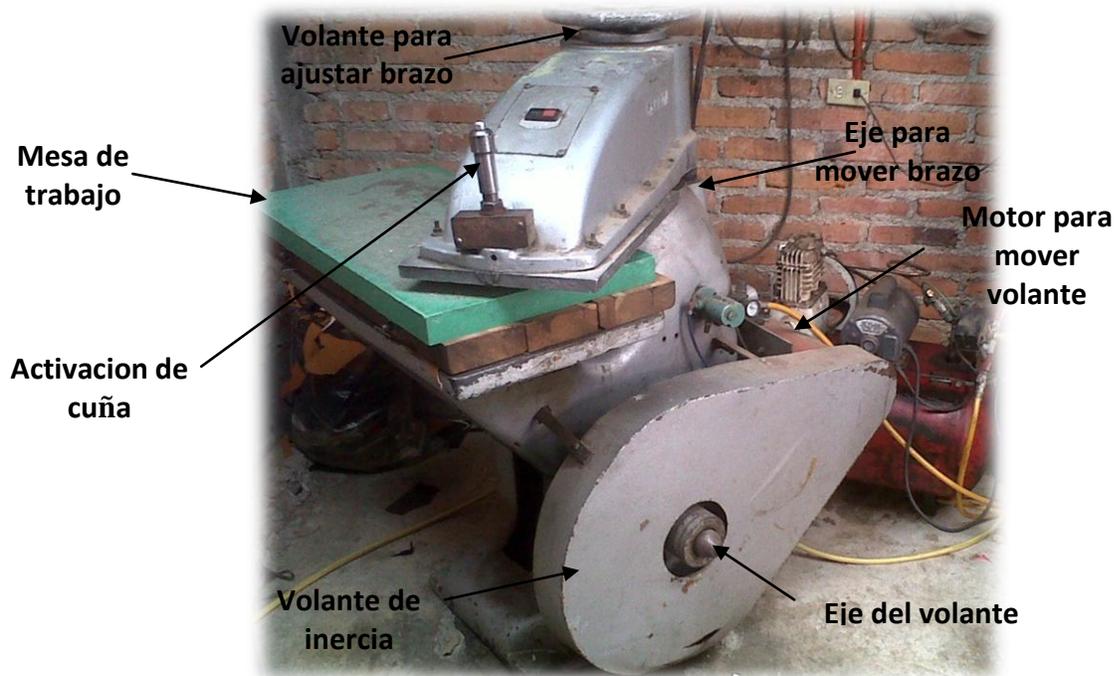


Figura 2.5 Partes fundamentales del funcionamiento de la máquina mecánica suajadora.

La cuña es activada mediante una fuerza electromagnética, que es controlada desde la parte inferior del brazo que manipula el operador, después se observa el brazo como está conectado a una barra cilíndrica de 0.20 metros de diámetro y una altura de 1.5 metros que actúa como eje del brazo, se aprecia también en la parte superior del brazo que se encuentra otro volante, que es el ajuste del brazo, para acercarlo más al suaje o para retirarlo según lo requiera el operador, se puede observar la mesa de trabajo es donde se coloca la piel y se realiza el acomodo de los suajes y obtener los diferentes tipos de calzado.

### 2.1.1 Suajes

Los suajes son una parte fundamental para los procesos del calzado con los que se cortan o conforman todas las piezas para realizar cualquier tipo de calzado, están formados de acero y tiene una parte con filo para así poder hacer el corte en la piel, estos son de diferentes tamaños y figuras como los que se muestran en la Figura 2.6.



Figura 2.6 Suajes para el calzado.

## 2.2 Cambios realizados en la máquina suajadora mecánica.

En la Figura 2.7 muestra una fotografía de las mejoras para la automatización de la máquina suajadora mecánica de la Figura 2.2, donde el brazo mecánico encargado de la posición y el volante de inercia encargado de la presión necesaria para el corte de la piel o material, son

desplazados y sustituidos por los nuevos elementos para el control de este trabajo. Para poder lograr estos cambios es necesario seleccionar los elementos electrónicos y neumáticos.

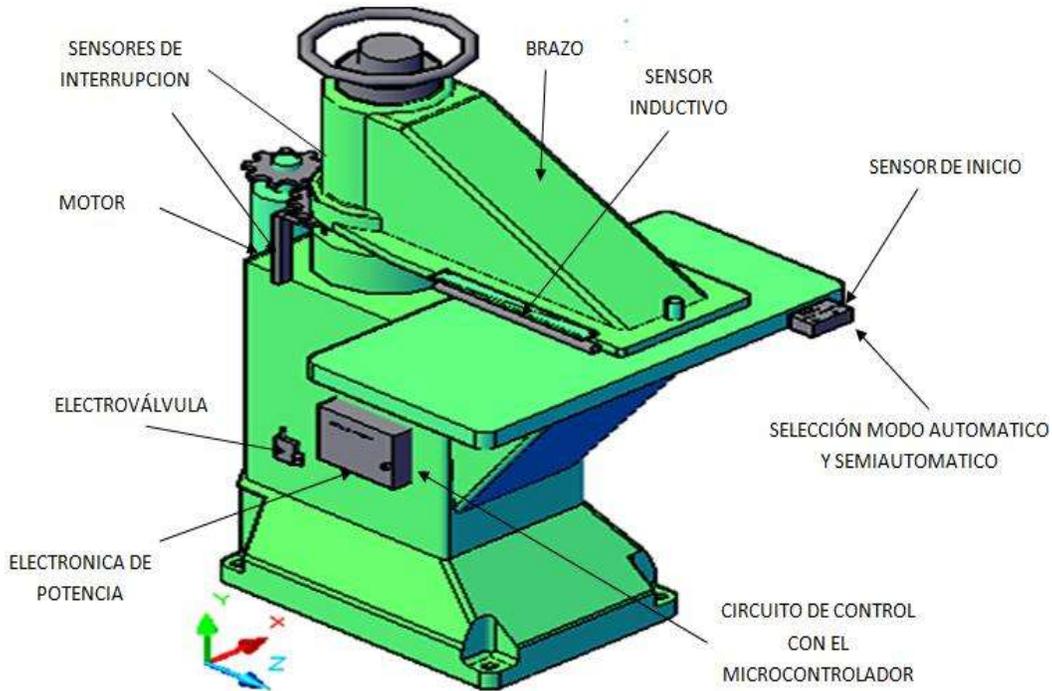


Figura 2.7 Automatización de la Máquina suajadora mecánica.

## 2.3 Elementos electrónicos utilizados para el control de la máquina suajadora.

Algo que se tiene que tener presente es la selección de los elementos que se utilizan para realizar de una manera satisfactoria el proyecto. Así para la automatización de esta máquina se selecciona los siguientes dispositivos electrónicos.

- Microcontrolador.
- Pantalla LCD.
- Sensores de interrupción e iniciación.
- Sensor electromagnético.
- Relevador de estado sólido.
- Motor.

Se tiene una amplia gama de elementos electrónicos en el mercado que se pueden seleccionar para realizar el control de la máquina suajadora, en las siguientes subsecciones se

describe la información del fabricante, lo cual es muy bueno para realizar una buena selección de estos dispositivos, para lograr el correcto funcionamiento del control para la máquina suajadora.

### 2.3.1 Microcontrolador

Se define el microcontrolador como un circuito integrado programable, capaz de ejecutar las órdenes grabadas en su memoria, además está compuesto de varios bloques funcionales los cuales cumplen una tarea específica, estos microcontroladores actúan con otros dispositivos llamándole a este conjunto de sistema microcontrolado.

El diagrama de un sistema microcontrolado se muestra en la Figura 2.8. Este sistema tiene dispositivos de entrada y dispositivos de salida, por lo que los dispositivos de entrada pueden ser un teclado, un interruptor, un sensor, etc. Mientras que los dispositivos de salida pueden ser led, zumbadores, interruptores de potencia (tiristores optoacopladores), u otros dispositivos como relevadores etc.



Figura 2.8 Sistema microcontrolado.

### 2.3.2 Aplicación de los Microcontroladores.

El sector del automóvil ha sido el de mayor importancia para el crecimiento de los microcontroladores, (siglas de *peripheral integrated controller* que significa controlador de periféricos controlados). Pero estos también son aplicados en la industria, en la oficina, telecomunicación, automatización, entre otros. La Tabla 2.1 muestra una selección de algunas de las aplicaciones del microcontrolador. [2]

### 2.3.3 Tipo de microcontroladores.

Cada fabricante ofrece en sus distintas familias una gran variedad de una misma versión de los microcontroladores. Pero estos son diferenciados de la siguiente forma.

Capítulo 2. Control de la Máquina Suajadora y sus Elementos Utilizados.

- Capacidad y tipo de memoria
- Encapsulado.
- Número y tipos de periféricos incluidos en el chip.

Tabla 2.1 Aplicación de los microcontroladores.

<b>Electrónica de consumo</b>	<b>Automatización</b>	<b>En la oficina</b>	<b>Telecomunicación</b>	<b>Industria</b>
Televisores	Alarmas de vehículos	Mouse	Teléfono celular	Termostato
Radios de comunicación	Sistemas ABS	Teclado	Teléfono inalámbrico	Medidores eléctricos
Reproductor de CD	inyección de combustible	Escáner	Identificador de llamadas	Robot
Control remoto	Bolsas de aire	Impresora	módem	Control de procesos
Consola de video		Lector de código de barras		Control de modelos
Cámara de video				
Microondas				

Una posible forma de clasificarlos es atender el número de bits de sus registros internos, lo que se conoce como ancho de palabra del dispositivo, así se clasifican en microcontroladores de 8, 16 y 32 bits. Los microcontroladores de mayor aplicación son los que contienen 8 y 4 pines, los microcontroladores de 16, 20 y 32 pines son usados en aplicaciones de alta capacidad de procesado. [2]

Hay diferentes marcas de microcontroladores, entre éstas destacan las más comerciales como son Intel y Microchip. También podemos encontrar muchos otros microcontroladores de diferentes marcas como se muestran en la Tabla 2.2. Los microcontroladores de microchip tienen

## Capítulo 2. Control de la Máquina Suajadora y sus Elementos Utilizados.

una gran ventaja ya que cuentan con una estructura de programación muy similar en todas sus familias.

Es importante mencionar que el listado en la Tabla 2.2 cualquier microcontrolador que se seleccione puede realizar el trabajo deseado para este proyecto, así en este caso se utilizará uno de la familia de microchip por ser uno de los microcontroladores que cuenta con mayor información, además de que cuentan con una amplia gama en el mercado y son fácil de conseguir por su precio y su variedad de funciones con las que cuentan estos microcontroladores. Se selecciona un microcontrolador que contenga por lo menos 4 puertos de entradas y/o salidas, debido a que este proyecto utiliza dos puertos de salida para: la pantalla de LCD, el sensor magnético y los sensores de iniciación del ciclo y un puerto de entrada para controlar el motor y la electroválvula.

Tabla 2.2 Fabricantes y modelos de microcontroladores

MICROCHIP	12XX,14XX,16XX,17XX,18XX,32XX
INTEL	8048,8051, 80c196, 80186, 80188, 80386EX
MOTOROLA	68HC05, 68HC08, 68HC11, 68HC12, 68HC16 y más
HITACHI	H8/300, H8/300L, H8/500, H8/300H
TOSHIBA	TLCS-47, TLCS-870, TLCS-900
PHILIPS	80C51
SIEMENS	C500, C166
ZILOG	Z8, Z86XX
TEXAS	TMS370

Para este proyecto se selecciona el microcontrolador PIC16f877A de la familia de microchip por ser uno de los microcontroladores que cuenta con 5 puertos de entradas y salidas que son los necesarios para el manejo de los dispositivos seleccionados en el proyecto. La Figura 2.9 se muestra la disposición de sus pines de entradas y salidas y en la Figura 2.10 se muestra su diagrama de bloques interno de dicho microcontrolador.

Capítulo 2. Control de la Máquina Suajadora y sus Elementos Utilizados.



Figura 2.9 Diagrama de un Microcontrolador.

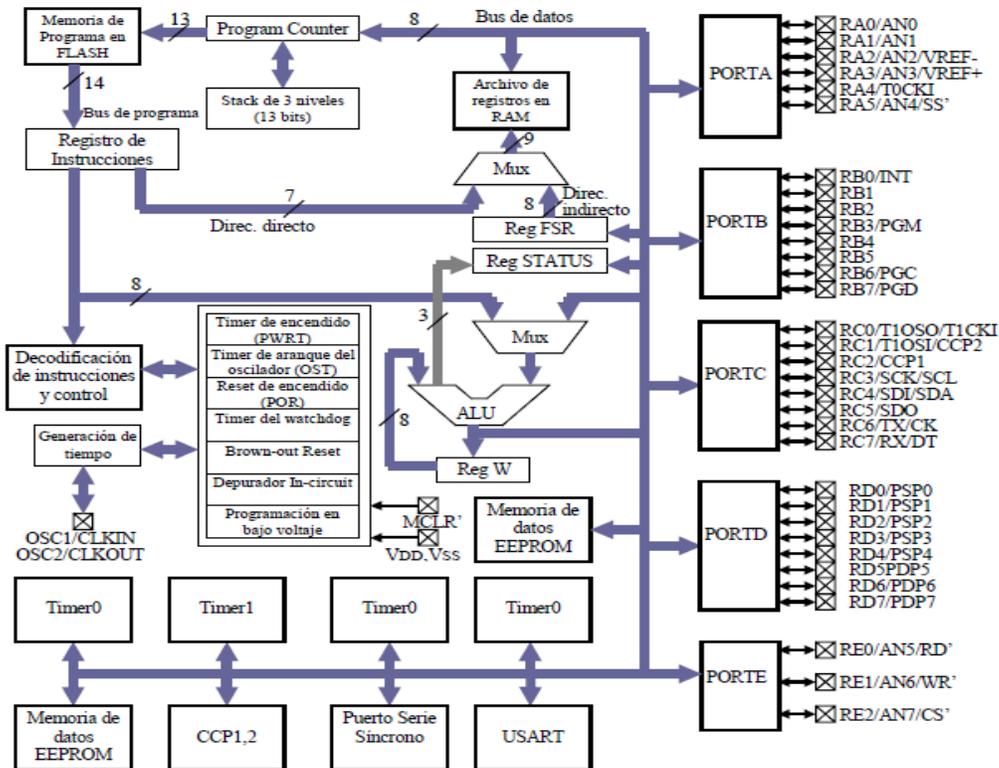


Figura 2.10 Diagrama de bloques del microcontrolador.

## 2.4 Pantalla de cristal líquido (LCD)

El LCD es un dispositivo microcontrolado de visualización gráfico para la presentación de caracteres, símbolos y hasta incluso dibujos (en algunos modelos), en este caso se selecciona un LCD de 2 filas de con 16 caracteres donde cada carácter dispone de una matriz de 5 x 7 puntos (pixels) como se muestra en la Figura (2.11). Este dispositivo está gobernado internamente por un microcontrolador Hitachi 44780 que regula todos los parámetros de presentación.

La pantalla de LCD muestra la información de la función que se está realizando la máquina suajadora como son los mensajes de:

1. Elige modo
2. Modo automático
3. Modo semiautomático

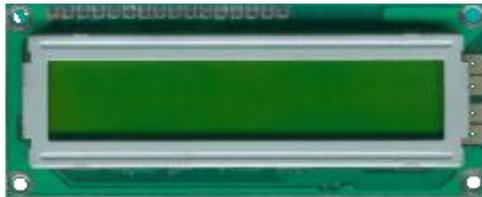


Figura 2.11 Pantalla de cristal líquido.

Características principales de la pantalla de cristal líquido. De las principales características e importantes de la pantalla LCD son las siguientes.

- Pantalla de caracteres ASCII.
- Desplazamiento de los caracteres hacia la izquierda o la derecha.
- Movimiento del cursor y cambio de su aspecto.
- Conexión a un procesador usando un interfaz de 4 u 8 bits.

En la tabla 2.3 se muestra la descripción de pines para la conexión de esta pantalla.

Tabla 2.3 Descripción de Pines de Pantalla de LCD.

<b>PIN N°</b>	<b>SIMBOLO</b>	<b>DESCRIPCION</b>
<b>1</b>	Vss	Tierra de alimentación GND
<b>2</b>	Vdd	Alimentación de +5V CC
<b>3</b>	Vo	Contraste del cristal liquido. ( 0 a +5V )
<b>4</b>	RS	Selección del registro de control/registro de datos: RS=0 Selección registro de control RS=1 Selección registro de datos
<b>5</b>	R/W	Señal de lectura/escritura: R/W=0 Escritura (Write) R/W=1 Lectura (Read)
<b>6</b>	E	Habilitación del modulo: E=0 Módulo desconectado E=1 Módulo conectado
<b>7-14</b>	D0-D7	Bus de datos bidireccional.

## 2.5 Sensores

Los sensores son una parte fundamental en el control de la máquina mecánica suajadora ya que estos son los indicadores que le muestran al elemento principal, que este es el microcontrolador como se debe de llevar a cabo el proceso, estos sensores son utilizados en el inicio del proceso como en el final y así mismo mediante el mismo.

### 2.5.1 Sensores de inicio e interrupción

Para iniciar el proceso se requiere presionar por el operador uno de estos sensores en este caso un sensor “push button” así mismo en los extremos de la máquina suajadora se encuentran los botones de interrupción que son idénticamente e iguales al sensor de inicio este detecta los límites del brazo y así interrumpe el proceso, estos sensores puede trabajar con 127 VCA y 3A lo

cual los hace ideales para este proceso, ya que se utilizarán voltajes menores a los establecidos por el fabricante como el que se muestra en la Figura 2.12.



Figura 2.12 Sensor de inicio e interrupción del sistema.

### 2.5.2 Sensor inductivo

En el mercado existe una gran variedad de sensores como son los sensores inductivos, capacitivos, resistivos y otros, en este caso se descartan los sensores capacitivos ya que tienen la capacidad de detectar metal, plásticos, papel o madera; y esto puede causar problemas ya que la tabla donde se corta es de material de plástico. En este caso el sensor inductivo es el esencial para este proyecto ya que los suajes son metálicos y este sensor es el más práctico para detectar metal e ignora objetos no metálicos.

Los sensores inductivos incorporan una bobina electromagnética, que es usada para detectar la presencia de objetos metálicos conductores como son los suajes para con esto realizar el control, los sensores inductivos se encuentran de muchas marcas y configuración según la necesidad del cliente en el mercado, como se muestra en la Figura 2.13. Para este proyecto se utiliza un sensor de la compañía Festo (Figura 2.14), cuyas características de funcionamiento como son voltajes de alimentación, forma y tamaño son adecuadas para este proyecto. Y su diagrama de conexión se muestra en la Figura 2.14. [3]



Figura 2.13 Tipos de sensores inductivos.

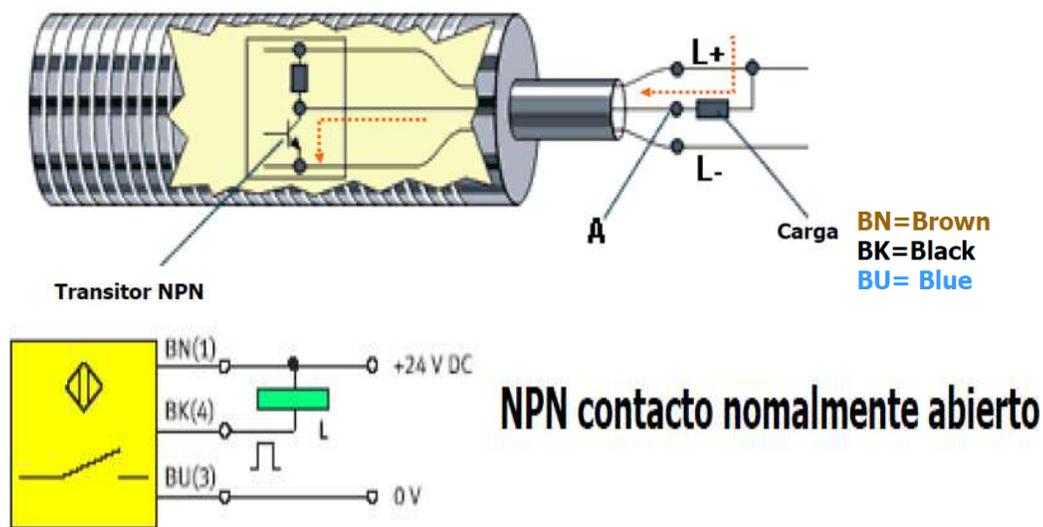


Figura 2.14 Diagrama de Sensor Inductivo Festo.

## 2.6 Motor monofásico de fase partida.

El motor es una pieza clave del proyecto porque se encarga de posicionar el brazo para realizar el corte de la piel mediante el suaje. En el caso de los motores existe una gran variedad de ellos, como son los motores trifásicos, monofásicos o de corriente directa, que son los motores que más se conocen en el mercado, los motores de corriente directa son muy buenos para este proyecto por sus características, como son su fácil manejo de velocidad mediante un control PWM y su fácil cambio de giro. Este motor se descarta del proyecto por el hecho de que sus precios son muy elevados en comparación con un motor de corriente alterna.

Para este proyecto se usará un motor de corriente alterna de fase partida como el mostrado en la Figura 2.15, con el cual se podrán hacer los cambios de giro muy rápidamente simulando un motor de C.D.



Figura 2.15 Motor de Fase Partida.

Este tipo de motor tiene dos devanados bien diferenciados, un devanado principal y otro devanado auxiliar. El devanado auxiliar es el que provoca el arranque del motor gracias a que desfasa un flujo magnético respecto al flujo del devanado principal; de esta manera, logra tener dos fases en el momento del arranque.

Al tener el devanado auxiliar la corriente desfasada respecto a la corriente principal, se genera un campo magnético que facilita el giro del rotor. Cuando la velocidad del giro del rotor acelera el par de motor aumenta. Cuando dicha velocidad está próxima al sincronismo, se logran alcanzar un par de motor tan elevado como en un motor trifásico. Cuando la velocidad alcanza un 75% de sincronismo, el devanado auxiliar se desconecta gracias a un interruptor centrífugo que llevan incorporados estos motores, lo cual hace que el motor sólo funcione con el devanado principal.

Este tipo de motor dispone de un rotor de jaula de ardilla como los utilizados en los motores trifásicos. La velocidad de éstos motores oscila entre 1500 y 3000 r.p.m., dependiendo si el motor es de 2 ó 4 polos, teniendo unas tensiones de alimentación si es de 125 y 220V. La

velocidad es prácticamente constante. Para invertir el giro del motor se intercambian los cables de uno solo de los devanados (principal o auxiliar), algo que se realiza mediante un circuito que es controlado mediante el microcontrolador seleccionado.

## 2.7 Relevador de estado solido

El relevador de estado sólido es una parte importante sobre el control de la máquina mecánica suajadora, este es el encargado de interactuar entre el microcontrolador y con los elementos de potencia en este caso el motor y la electroválvula. Se optó por un relevador de estado sólido por el hecho de que en la industria el mantenimiento que normalmente se aplica a las máquinas es el cambio de relevadores, ya que estos son los que sufren la mayor carga de trabajo y son más sensibles a las variaciones de voltaje en la red, es por eso que se optó por usar estos relevadores ya que son muy fáciles de encontrar y a su vez fáciles de reemplazar en caso de sufrir algún daño. En el mercado existen varios modelos y tipos de relevadores de estado sólido, tal es el caso de los relevadores que se activan con corriente directa, que controlan a su vez corriente directa; existen relés de corriente directa los cuales controlan corriente alterna, como es la monofásica, bifásica y trifásica. En este proyecto utilizaremos un relevador de estado sólido como el que se muestra en la Figura 2.16, de corriente alterna monofásica, controlado por corriente directa como es la del microcontrolador que es de 5 volts a 25 mA de salida de corriente en sus puertos digitales.



Figura 2.16 Relevador de estado sólido CA.

Los relevadores de estado sólido para corriente alterna (CA.) son circuitos híbridos compuestos de un triac de potencia (o dos SCR montados paralelos e inversos) y un optoacoplador. De esta forma es posible aislar totalmente la carga de alto voltaje (127 VCA.) del circuito de control que opera a 5 volts o en rango de 3- 32VCD.

## 2.8 Neumático

### 2.8.1 Electroválvula para controlar la presión de aire en el sistema de control de la suajadora.

La electroválvula se utiliza para el manejo de la presión del aire, que hace actuar el pistón con el que se presiona el suaje, hace la función de corte en la máquina suajadora y se encuentran diferentes tipos y modelos de electroválvulas como son las neumáticas e hidráulicas.

Para este sistema utilizaremos una electroválvula neumática de la marca MAC 912B-PM-551BA una de las más comerciales y económicas, que es ideal para la presión que se maneja y para el voltaje con el cual será activada, 127 volts de CA., que se comunicará con el microcontrolador mediante un relevador de estado sólido, ya que el microcontrolador lo puede manejar por el rango de activación que es de 3 a 32 volts de CD. y la salida del relevador es de 127 volts de CA.



Figura 2.17 Electroválvula Neumático.

## 2.9 Resumen

En este capítulo se describieron los diferentes tipos de máquinas suajadoras que existen en el mercado y su funcionamiento de cada una de ellas. También se seleccionaron los diferentes elementos que se utilizaron para automatizar la máquina mecánica suajadora y a su vez se definió el funcionamiento de cada uno de ellos en el control de esta máquina, y así comenzar, con el ensamblaje de cada elemento y automatización de la maquina suajadora en el siguiente capítulo.

## Capítulo 3

### Automatización de la máquina suajadora

En este capítulo se describe cómo está conformada la máquina mecánica suajadora y todos los elementos necesarios para la automatización de la misma. En la Figura 3.1 muestra la colocación de los elementos utilizados para el sistema de control en la máquina mecánica suajadora.

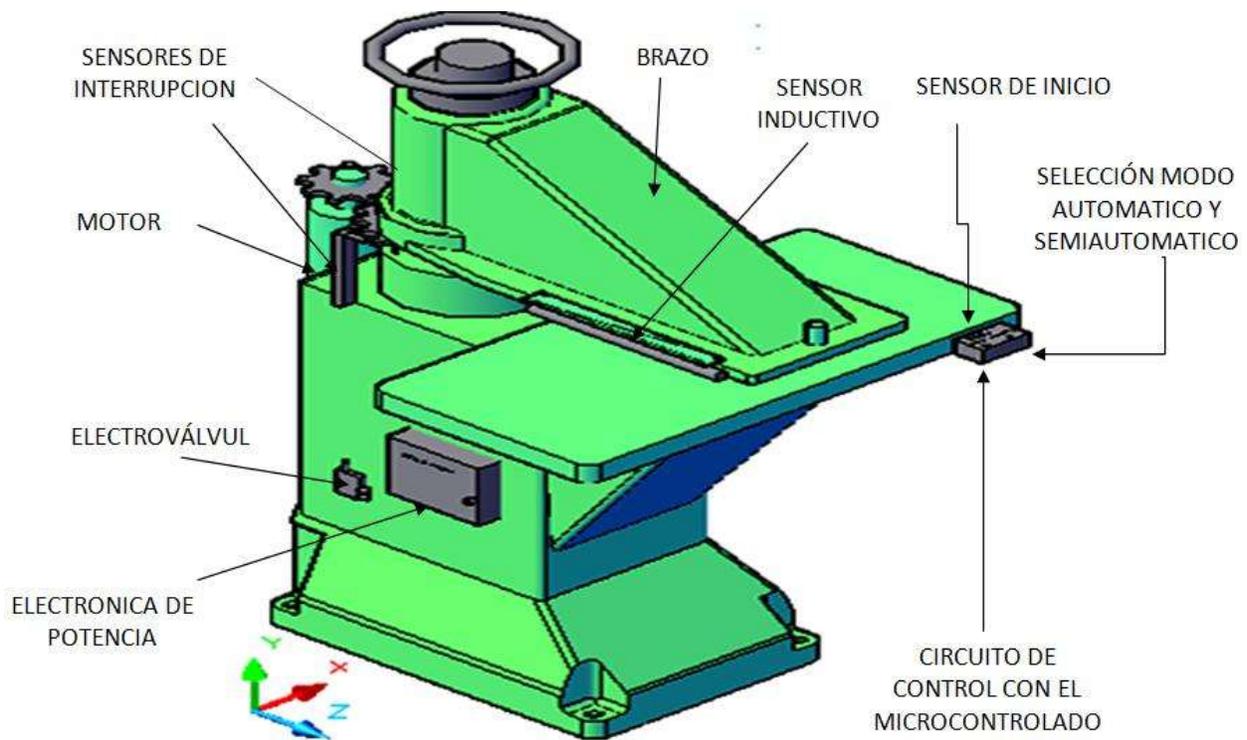


Figura 3.1 Control de la máquina suajadora y sus componentes.

En la Figura 3.1 se muestra cómo es que está conformada la máquina suajadora ya con todos los elementos, como son primeramente los botones de inicio en este caso es el botón de modo de operación encargado de seleccionar los dos modos que tiene la máquina suajadora el automático o el semiautomático después se observan los botones de manipulación como son los sensores para los dos diferentes modos mencionados, continuando con los sensores de interrupción para interrumpir el desplazamiento del brazo de la máquina y con el sensor inductivo encargado de detectar el suaje metálico y después con el circuito de control que su

### Capítulo 3. Automatización de la Máquina Suajadora.

función es interactuar con todos los elementos de la máquina suajadora como es el motor para desplazar el brazo y con la electroválvula que aplica la presión suficiente para realizar el corte de la piel mediante el suaje, todos los componentes son manipulados por la electrónica de potencia mediante relevadores de estado sólido manejados directamente por el microcontrolador.

En el diagrama de bloques de la Figura 3.2 se muestra el sistema de la máquina suajadora sin control tal cual la podemos encontrar en el mercado. En este diagrama se puede ver que la máquina tiene tres principales posiciones. La primera es la colocación de la piel y el suaje; la segunda, es donde se aplica la fuerza humana y posicionamiento del brazo, y la tercera es donde se retira la pieza cortada y el suaje, para con esto seguir con el ciclo nuevamente.

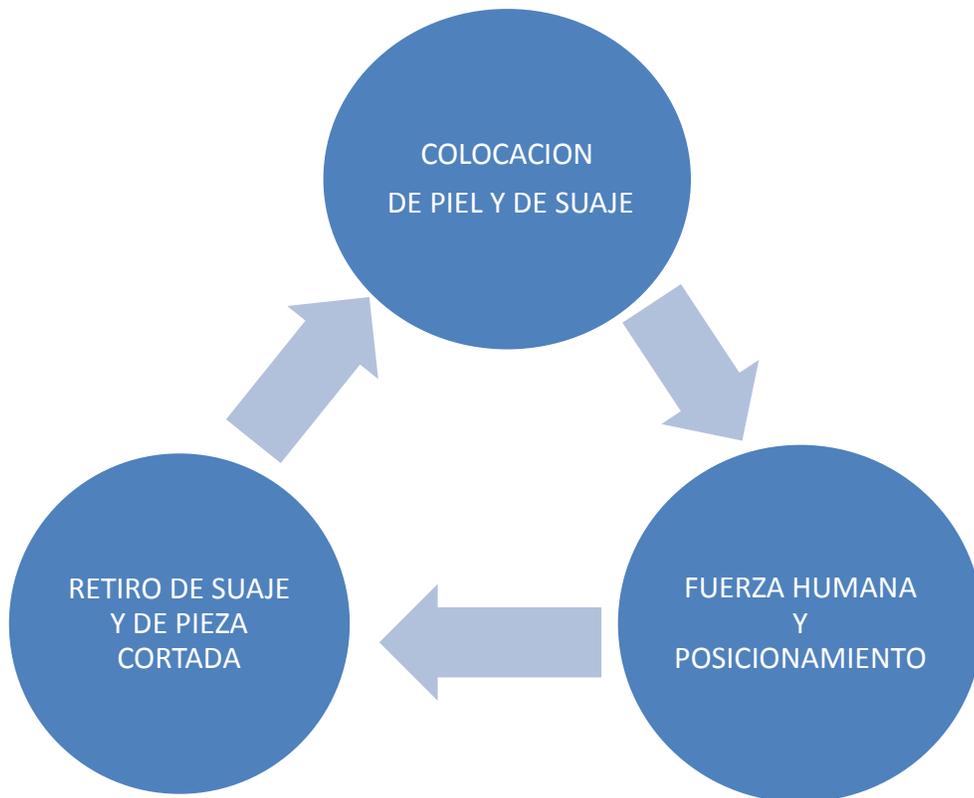


Figura 3.2 Diagrama de bloques del sistema a controlar.

En la Figura 3.3 se muestra el diagrama de bloques donde se aplica el control del sistema de la máquina suajadora, se puede ver en este diagrama que el objetivo del control es modificar la etapa donde se aplica la fuerza humana y el posicionamiento de la máquina logrando con esto una mejora en el tiempo de producción del calzado y menor riesgo para el trabajador.

Aproximadamente con estas máquinas la velocidad para cortar la piel es 20 piezas por minuto con este control se aumento su eficiencia a 30 piezas por minuto haciendo esto una máquina más eficiente en un 50% aproximadamente.

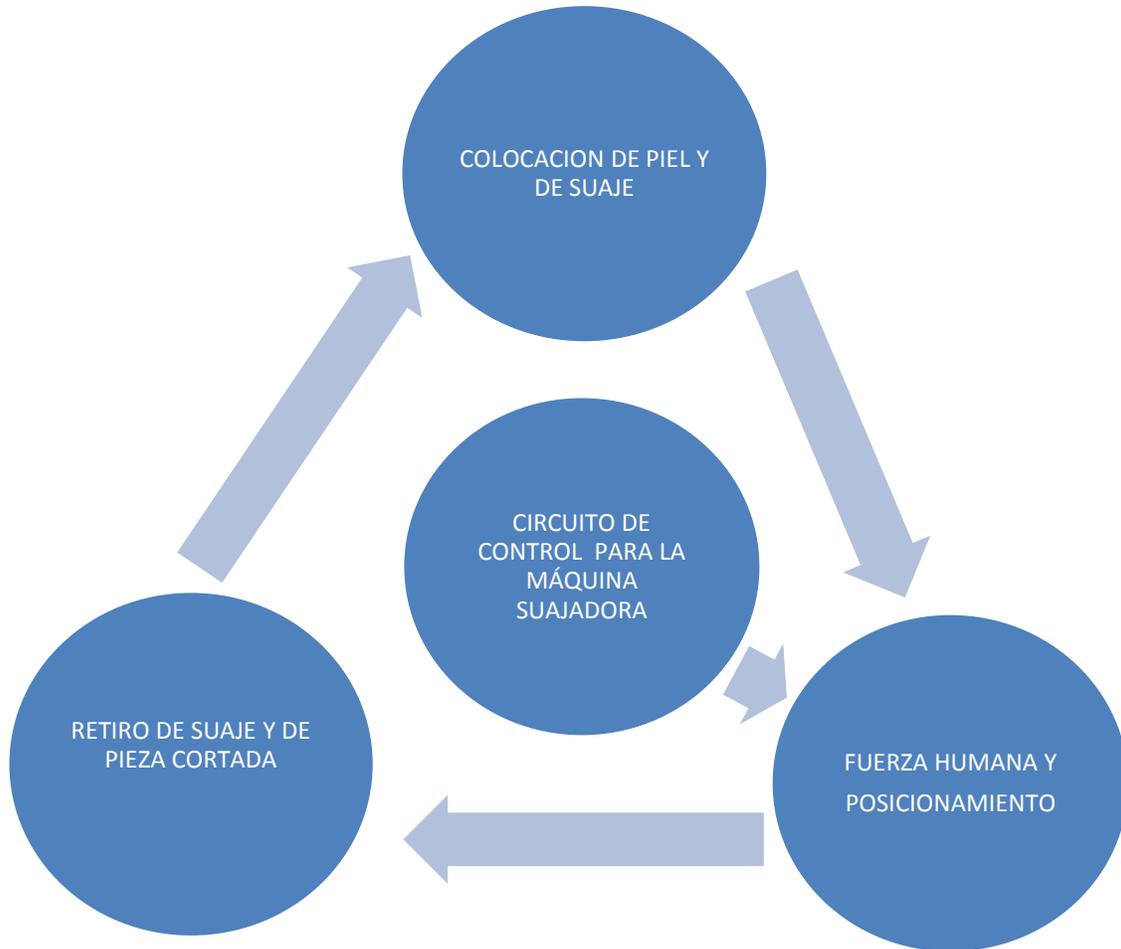


Figura 3.3 Diagrama de bloques y control del sistema.

### 3.1. Implementación mecánica de la máquina suajadora

La implementación mecánica se realizó mediante la selección de piezas, en este caso un pistón neumático con un diámetro de 6 pulgadas de ancho y una altura de 3 pulgadas, con un émbolo de 2 pulgadas de carrera, encargado de aplicar la presión de 120 psi, suficiente para que el brazo presione el suaje contra la mesa de trabajo, en la que se cortará la pieza deseada; se seleccionaron las catarinas de las piezas de desecho de un automóvil, como es la cremallera del coche al igual que el piñón, encargados de arrancar el motor de un automóvil, esta catarinas se encontraron en una deshuesadora de autos, las cuales tiene una relación de (54 a 9 ) que generan

6 revoluciones, la más grande está sujeta al brazo de la máquina suajadora, la otra está sujeta al motor, para con esto realizar el movimiento horizontal del brazo como se muestra en la Figura 3.4.

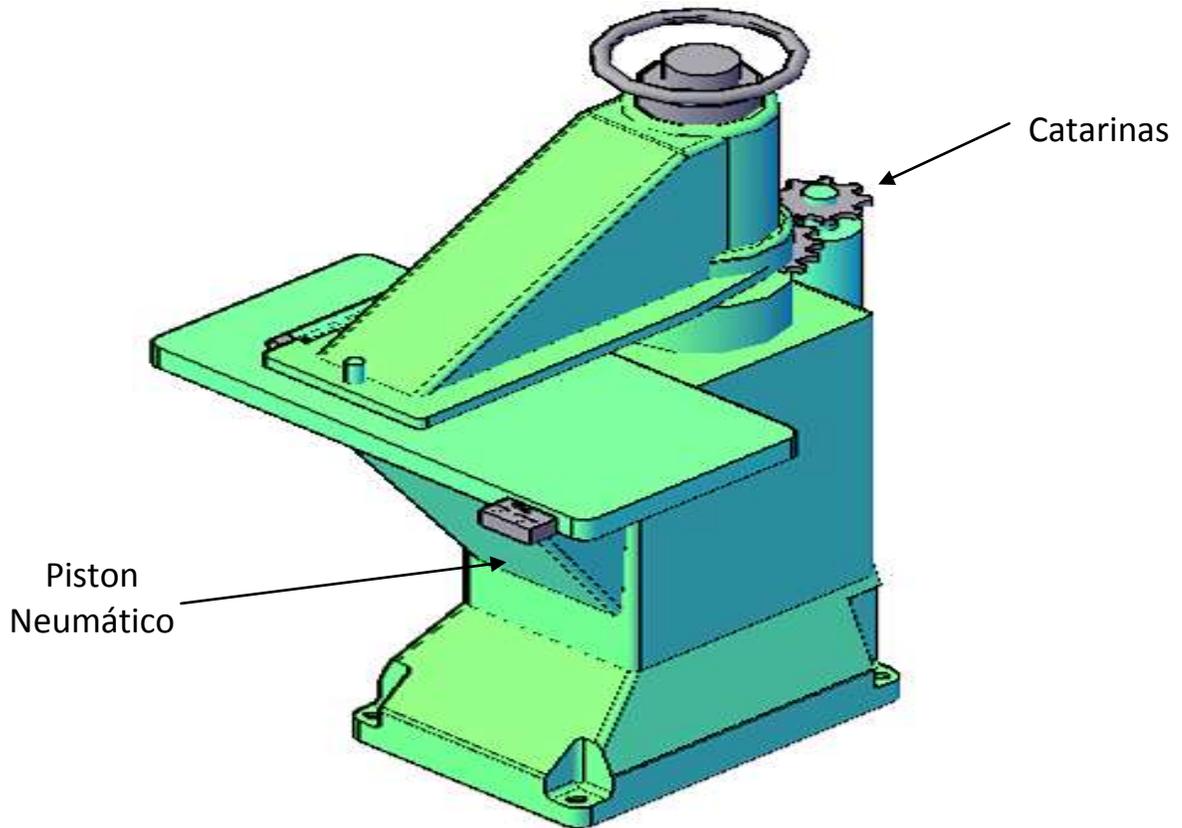


Figura 3.4 Catarinas y pistón neumático del sistema de control.

### 3.2 HARDWARE PARA EL SISTEMA DE CONTROL DE UNA MÁQUINA MECÁNICA SUAJADORA.

El dispositivo de control para la máquina suajadora está encargado de posicionar el brazo sobre el suaje mediante un motor de CA. este mueve el brazo y a su vez detecta el suaje mediante un sensor inductivo, para mandar la señal a la electroválvula que suministra la presión necesaria que realiza el corte de las piezas de calzado.

En la Figura 3.5 se muestra el diagrama de bloques del circuito de control diseñado para la máquina, donde se puede observar que el elemento principal es el microcontrolador, el cual se encarga del control de la máquina suajadora y realiza la comunicación con los demás elementos,

### Capítulo 3. Automatización de la Máquina Suajadora.

como son la pantalla de LCD, sensores de paro e inicialización, sensor inductivo, motor y electroválvula.

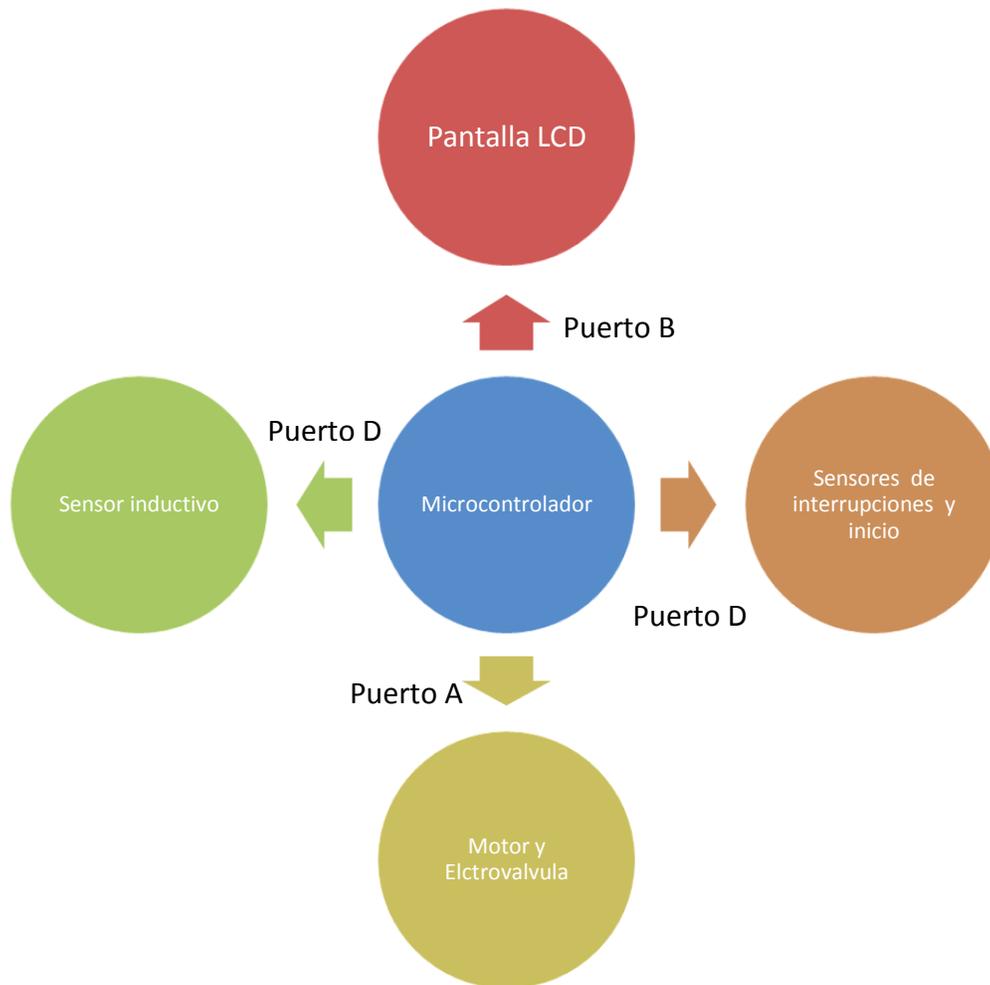


Figura 3.5 Diagrama de bloques del circuito de control con el microcontrolador y sus elementos.

Como se menciona anteriormente para el elemento principal de control es un microcontrolador PIC16f877A de la familia de Microchip que cuenta con 5 puertos de entrada/salida con los cuales se hace la comunicación con todos los elementos utilizados para el control de la máquina suajadora.

En la Figura 3.6 se muestra el diagrama general del microcontrolador de cómo se comunica con los elementos de control como son los sensores de inicio, interrupción y posicionamiento, también se pueden observar la pantalla de cristal líquido en la cual se muestran

### Capítulo 3. Automatización de la Máquina Suajadora.

el modo de operación, las salidas para controlar el motor y la electroválvula mediante relevadores de estado sólido.

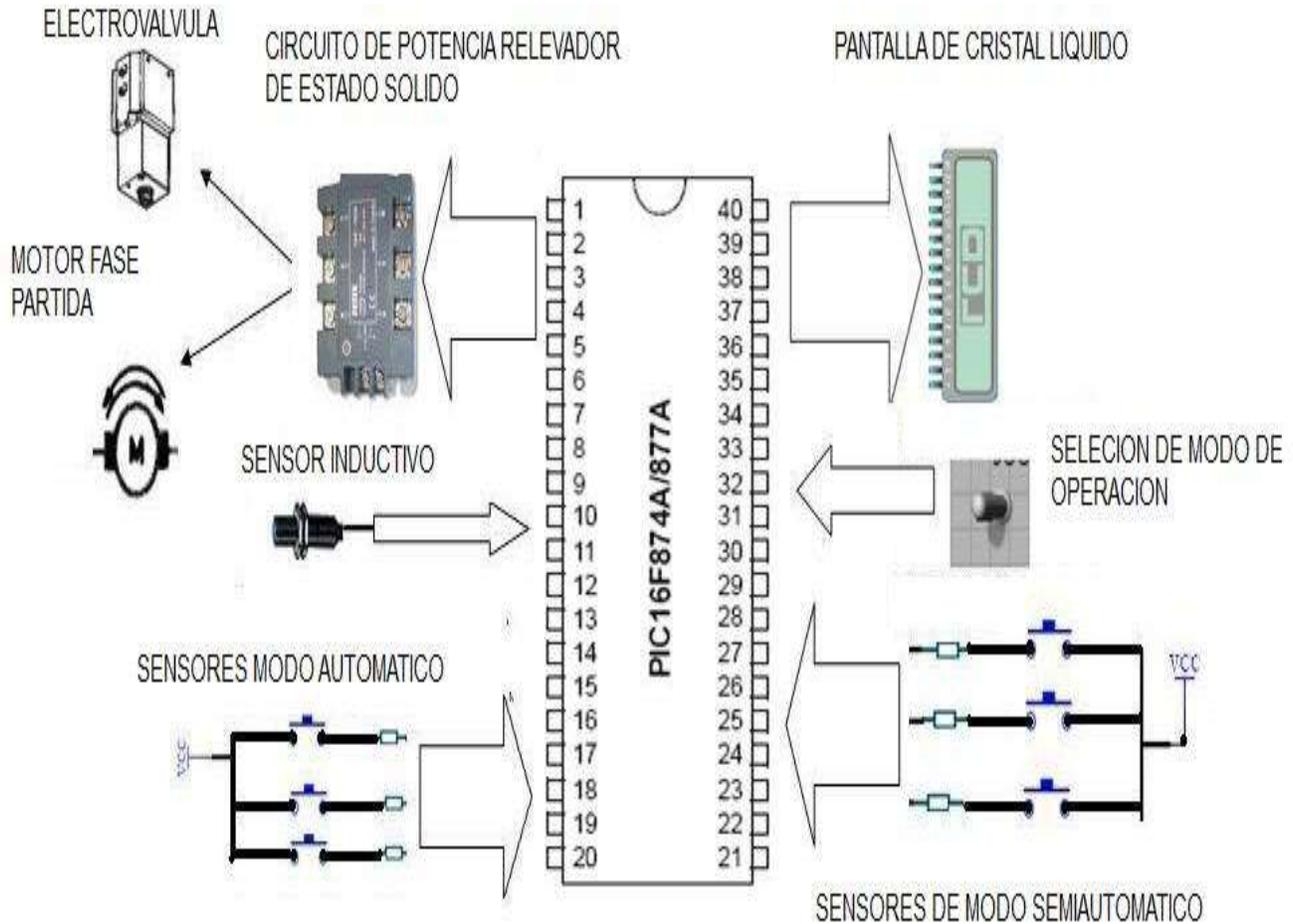


Figura 3.6 Diagrama general del microcontrolador con los elementos de control.

La conexión de la pantalla de cristal líquido (LCD) está conectada al puerto B del microcontrolador usando los pines RB0, RB1, RB2, RB3 que son las líneas de datos para la LCD y RB4 conectada a "RS" encargado de la selección de registros de datos y por ultimo RB5 está conectada a "E" que es encargado de habilitar el modo y así comenzar con la inicialización de la pantalla y con esto mostrar el modo de operación que se desea elegir, como es el modo automático o el semiautomático y así estar revisando visualmente el operador el modo de trabajo en el cual está operando la máquina en ese instante, como se muestra en la Figura 3.7.

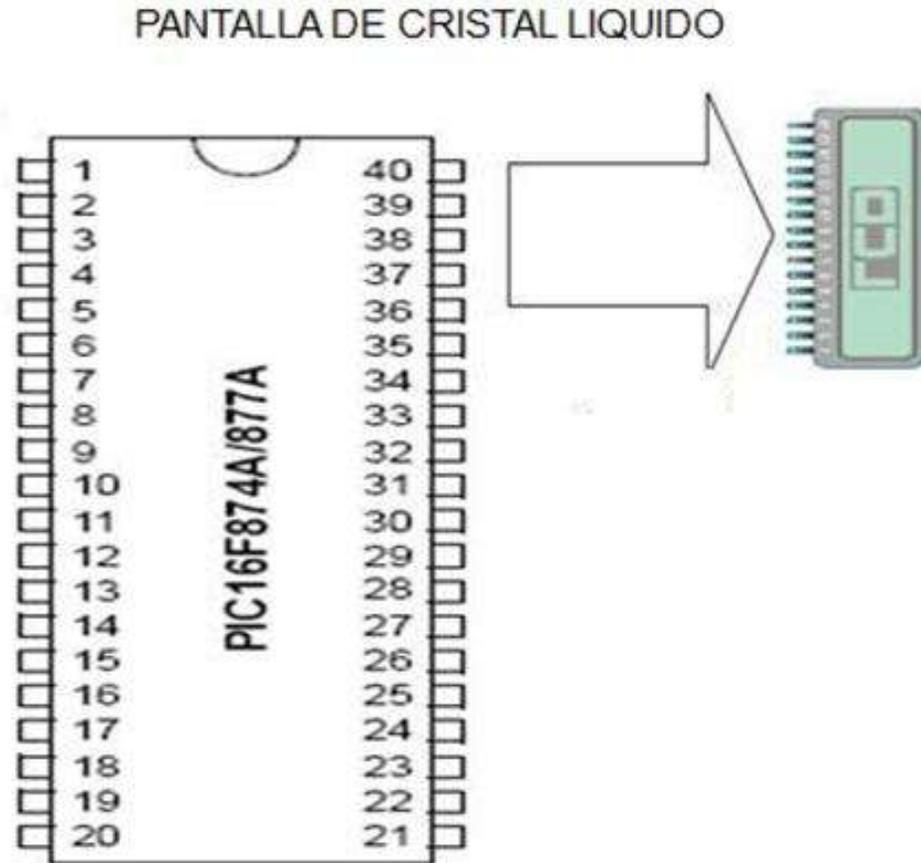


Figura 3.7 diagrama de conexión de la pantalla de cristal líquido (LCD) al microcontrolador.

En la Figura 3.8 se muestra la conexión de los sensores de inicialización conectados al puerto D digital del microcontrolador como sensor de selección de modo conectado al pin RD7, los sensores de interrupción conectados a los pines RD1 y RD2, sensor de inicio en modo automático conectado al pin RD0 para iniciar el funcionamiento de la máquina en modo automático, sensores de manipulación para el modo semiautomático conectados a los pines RD4, RD5 y RD6 los cuales manipulan el brazo hacia la izquierda o la derecha como también la activación de la electroválvula.

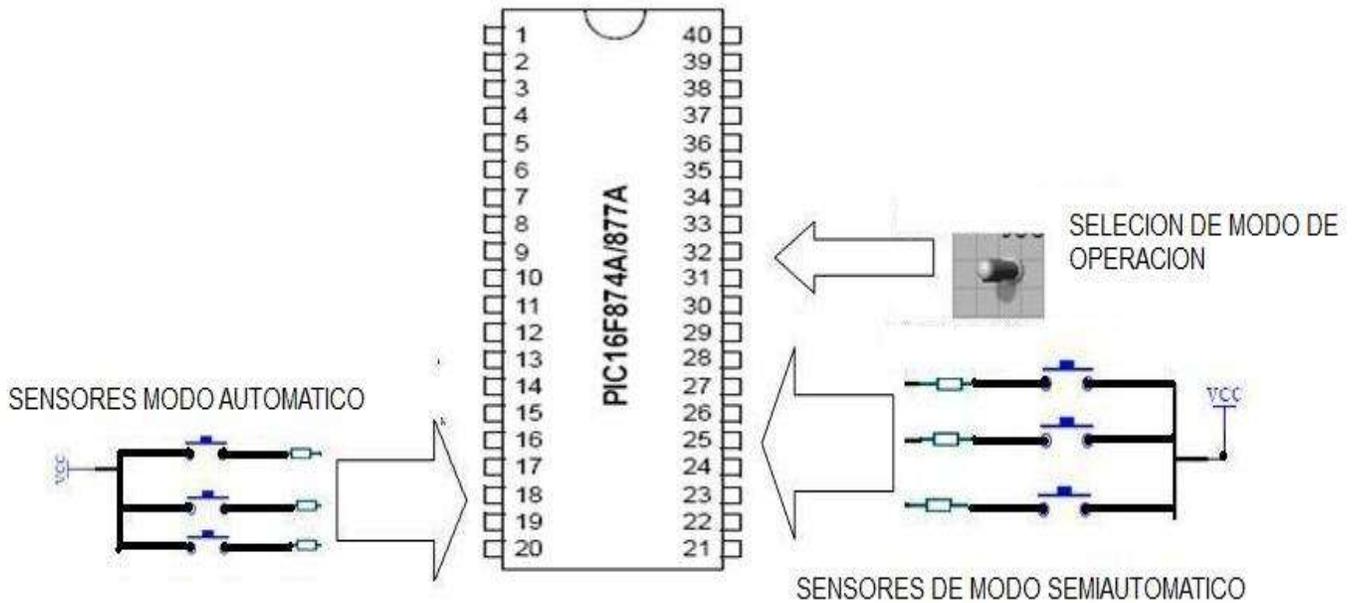


Figura 3.8 Diagrama de conexión de los sensores de control para la máquina suajadora

Los sensores utilizados en este control tiene las siguientes especificaciones: Interruptor (Switch) de presión (Push) con botón cuadrado, de 125 VCA, 3 Amperes, 2 terminales, normalmente cerrado (NC), encendido-apagado (ON-OFF), con seguro. Fabricado en PVC color rojo.

En la Figura 3.9 se observa la conexión del sensor inductivo Festo está encargado de detectar el suaje y mandar la señal a la electroválvula para realizar el control en el modo automático.

Al aplicarle la señal de Vcd y Gnd se activa y al pasar cerca del suaje su campo magnético lo detecta y manda la señal al pin RD3 del microcontrolador.

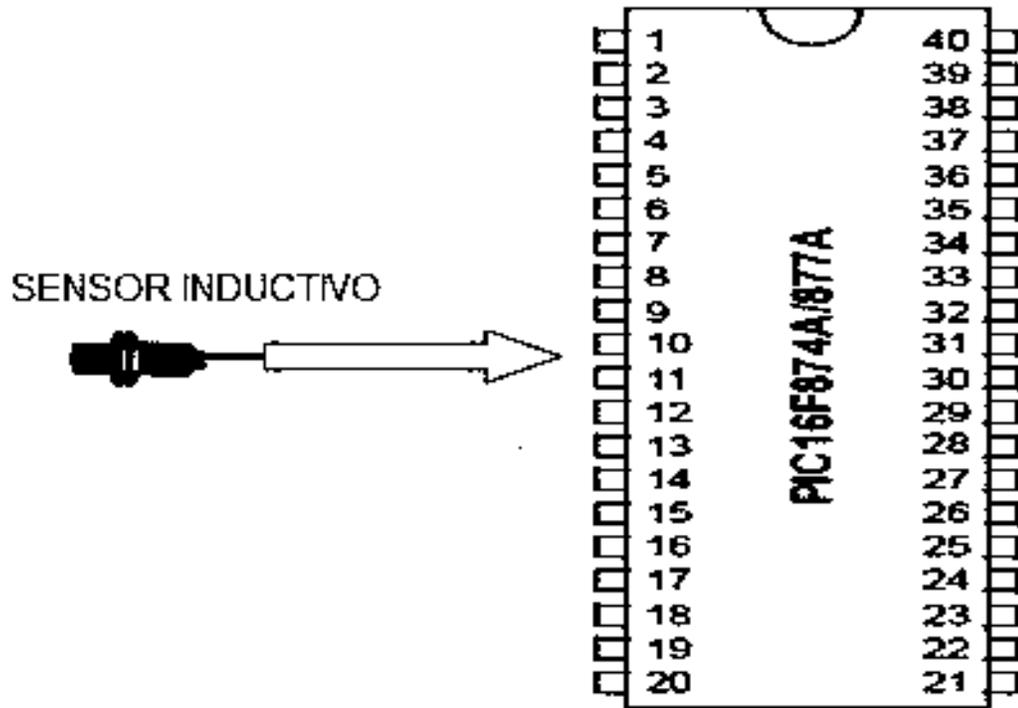


Figura 3.9 Diagrama de conexión en el microcontrolador del sensor inductivo.

Para el movimiento del brazo de forma horizontal de la máquina suajadora se utiliza un motor de fase partida, el cual es accionado por medio de un relevador de estado sólido que activa directamente el microcontrolador y cuando llega a la posición deseada donde está el suaje, el microcontrolador activa otro relevador de estado sólido para activar la electroválvula que baja el brazo y corta la pieza.

Para realizar estas tareas el microcontrolador utiliza los pines RA0 encargado de mover el brazo horizontalmente hacia la derecha, RA1 encargado de mover el brazo hacia la izquierda y RA2 encargado de activar la electroválvula, todos estos pines pertenecen al puerto digital A como se muestra en la Figura 3.10.

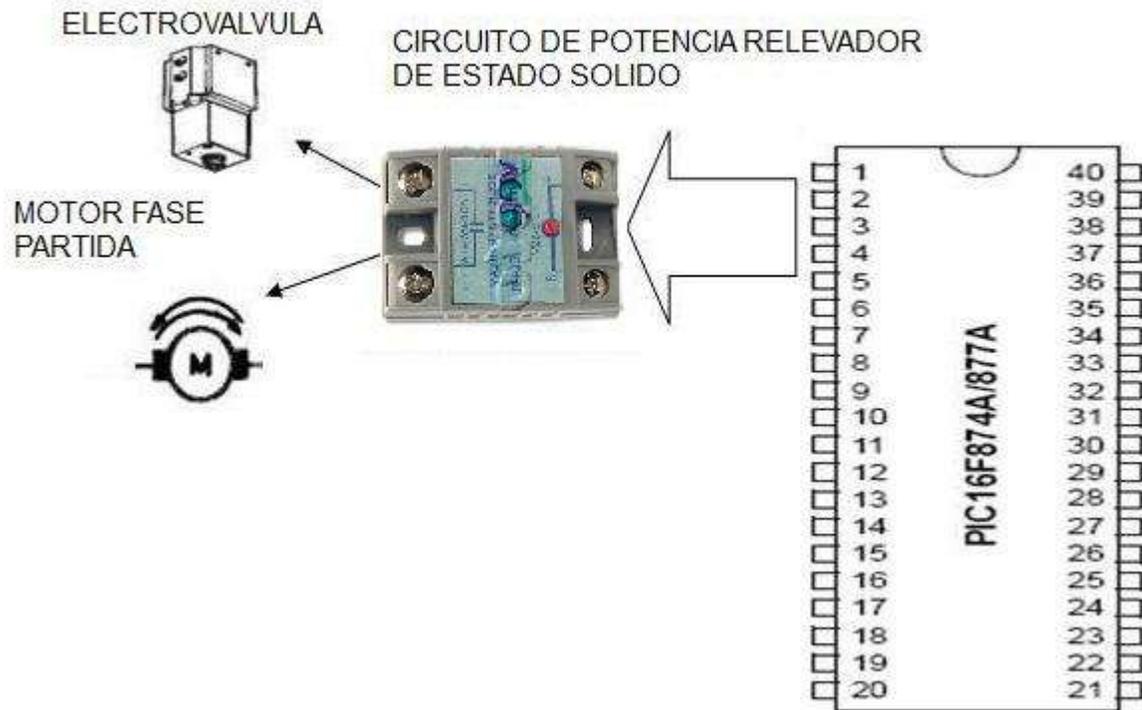


Figura 3.10 Diagrama de conexión de las salidas control a los relevadores.

En la Figura 3.11 se muestra el diagrama esquemático del sistema de control de la máquina mecánica suajadora, con todos los elementos conectados al microcontrolador, se muestra los elementos que conforman la fuente de alimentación del circuito 7805 para obtener un voltaje de 5 volts, necesarios para el correcto funcionamiento del microcontrolador, para poder realizar esta alimentación es necesario un puente rectificador para la corriente alterna a corriente directa y los capacitores encargados de eliminar el rizado del voltaje.

El diagrama esquemático es muy importante para saber cómo están conectados todos los elementos ya después de describirlos generalmente en el diagrama están conectados todos los sensores, como se observa en la Figura 3.11, los sensores se conectaron en forma “pull up” para tener una mejor recepción de las señales que operan en la máquina y de esta forma evitar señales parasitas que puede dañar el funcionamiento del microcontrolador; también se observa la conexión del cristal el cual es encargado de otorgarle la velocidad a la que trabaja el

### Capítulo 3. Automatización de la Máquina Suajadora.

microcontrolador, en este caso el cristal utilizado es de 20 MHz; también se muestra el circuito 7805 encargado de obtener un voltaje constante de 5 volts, ya que el puente rectificador al que está conectado entrega un voltaje de 12 volts, lo cual dañaría al microcontrolador, se muestra la conexión de la pantalla de cristal liquido (LCD)

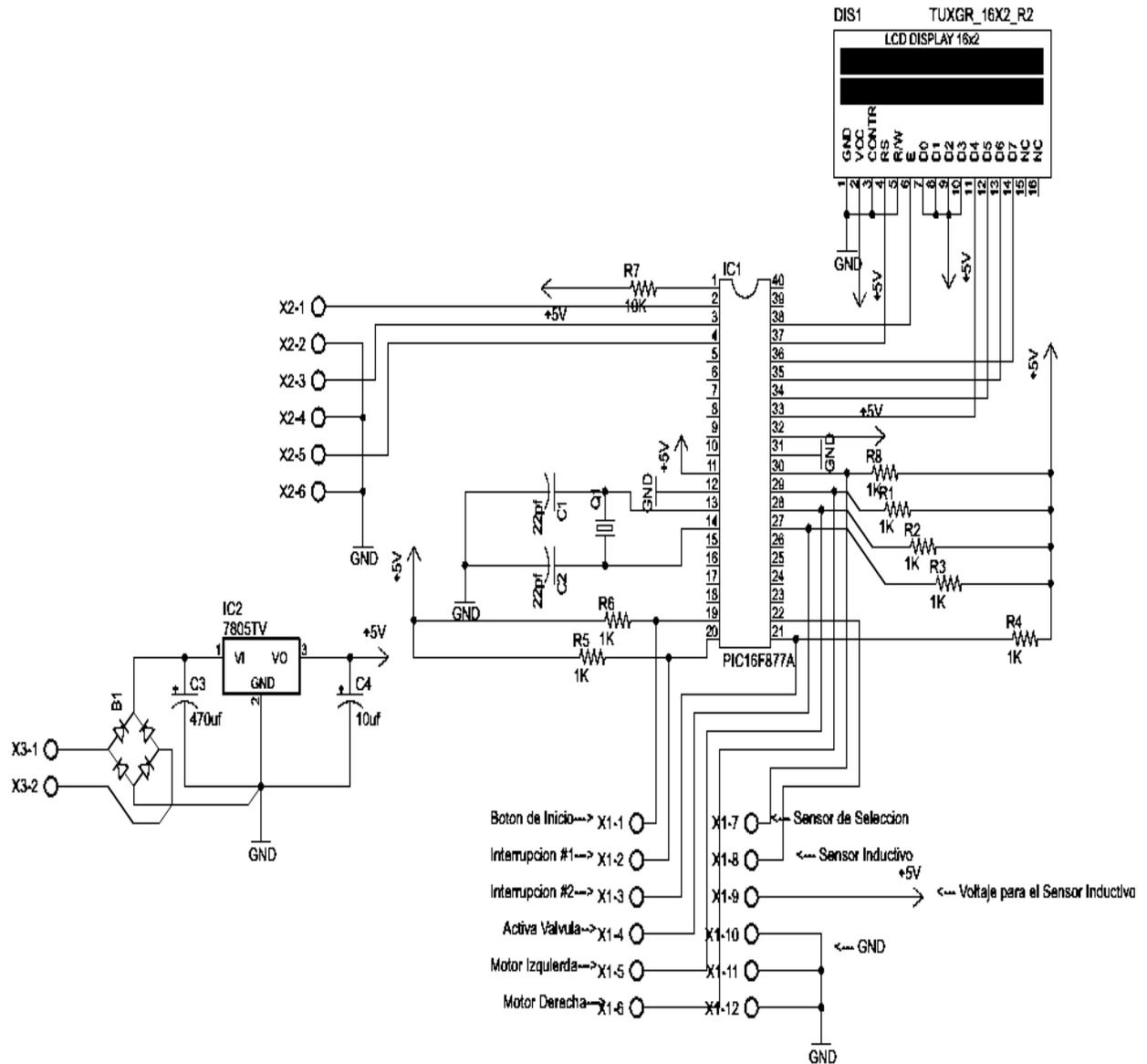


Figura 3.11 Diagrama esquemático del circuito de control de máquina mecánica suajadora.

En la Figura 3.12 se muestra el circuito de control real para la máquina suajadora.

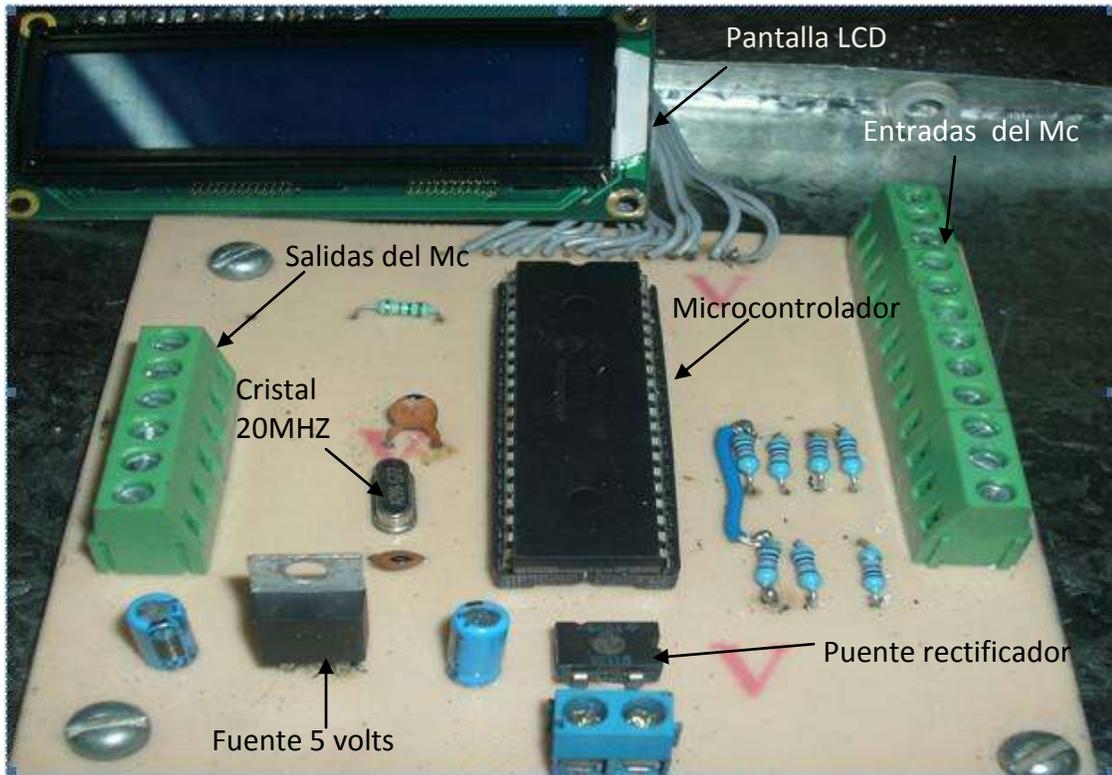


Figura 3.12 diagrama real del circuito de control de la máquina suajadora.

### 3.3 SOFTWARE PARA EL SISTEMA DE CONTROL DE UNA MÁQUINA MECANICA SUAJADORA

El diagrama de flujo del sistema de control de la máquina suajadora se muestra en la Figura 3.13, donde se observa que se tiene dos modos diferentes de operación que son: el modo automático y el semiautomático; en el modo automático para el funcionamiento total de la máquina primeramente se coloca el molde del suaje y sólo es necesario presionar el botón de inicio y esperar a que se termine el ciclo; en el modo semiautomático se coloca el suaje y para iniciar el ciclo de trabajo se presiona en forma manual los botones que permiten mover el brazo a la izquierda o derecha en forma horizontal y después de que el usuario coloca el brazo de la máquina suajadora sobre el suaje presiona el botón que activa la electroválvula para realizar el corte de la piel y con esto termina el ciclo.

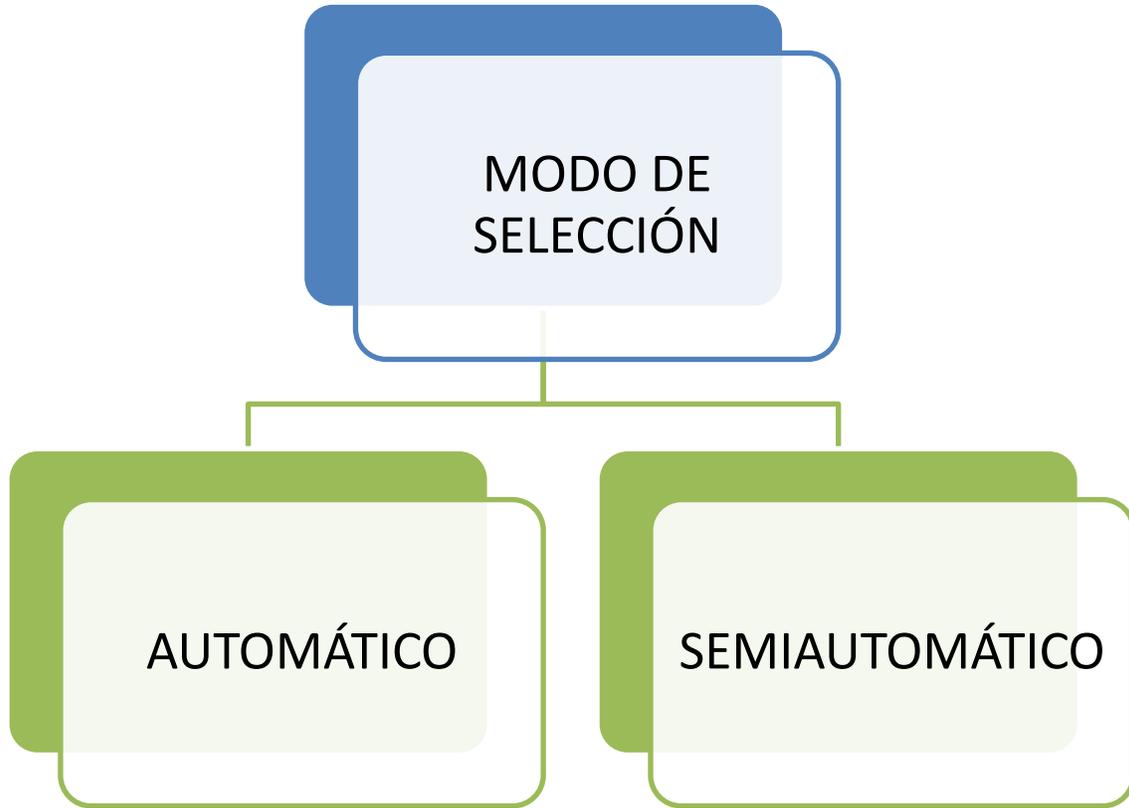


Figura 3.13 Diagrama de flujo de control del software de la máquina mecánica suajadora.

El lenguaje de programación que se utilizó fue mediante la plataforma del ambiente de programación para Pic's llamado Mplab, con un compilador de lenguaje "C" de la compañía de Hi-Tech para los microcontroladores de la familia de Microchip.

El diagrama de flujo del modo trabajo en forma automática se muestra en la Figura 3.14, donde se utilizan tres sensores y un actuador. Dos de los sensores son tipo switch para detectar los límites de movimiento del brazo y no permitir ir más allá de los señalados, el otro es el sensor inductivo encargado de detectar el suaje, para así mandarle la señal al microcontrolador y con él, inicializar las salidas de activación que actúan con los relevadores de estado sólido para realizar el modo de operación automático.

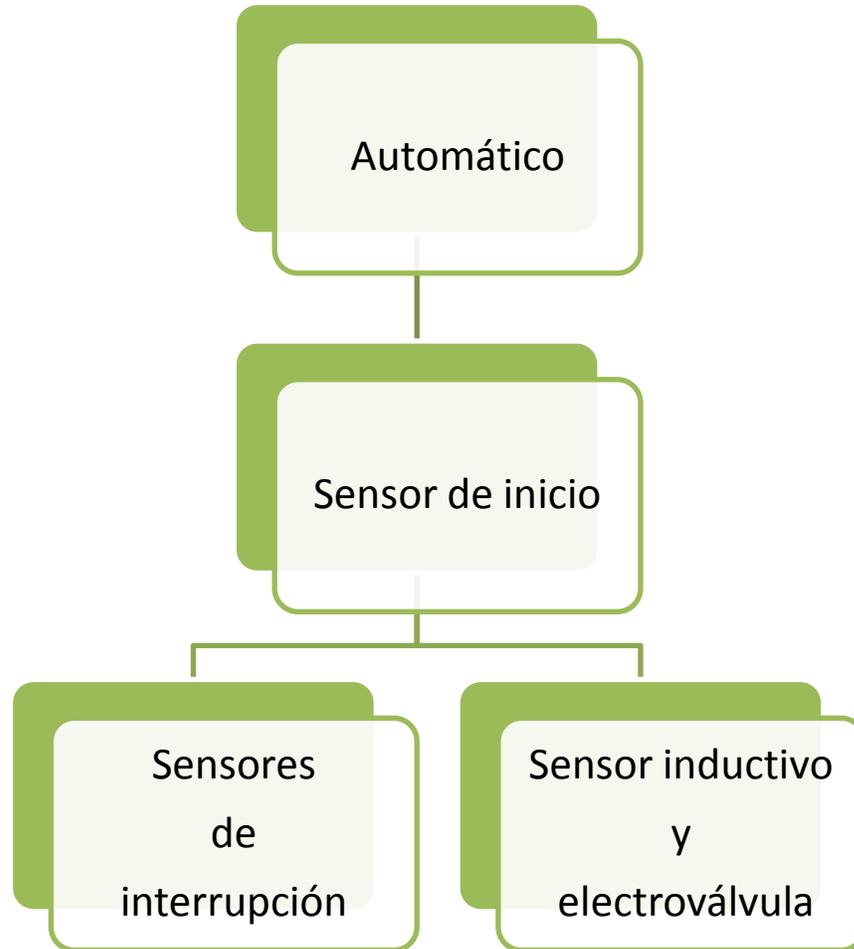


Figura 3.14 Diagrama de flujo de modo automático del sistema de control del software.

En la Figura 3.15 se muestra el diagrama de modo semiautomático del sistema de control del software donde se observa el estado de los botones que manipulan, estos botones son los que mueven el brazo a la derecha o a la izquierda, dependiendo de cómo lo requiera el usuario, también si el usuario necesita que baje el brazo, utiliza un botón que activa el relevador de estado sólido de la electroválvula encargado de presionar el suaje contra la mesa de trabajo y así obtener la pieza cortada de piel.

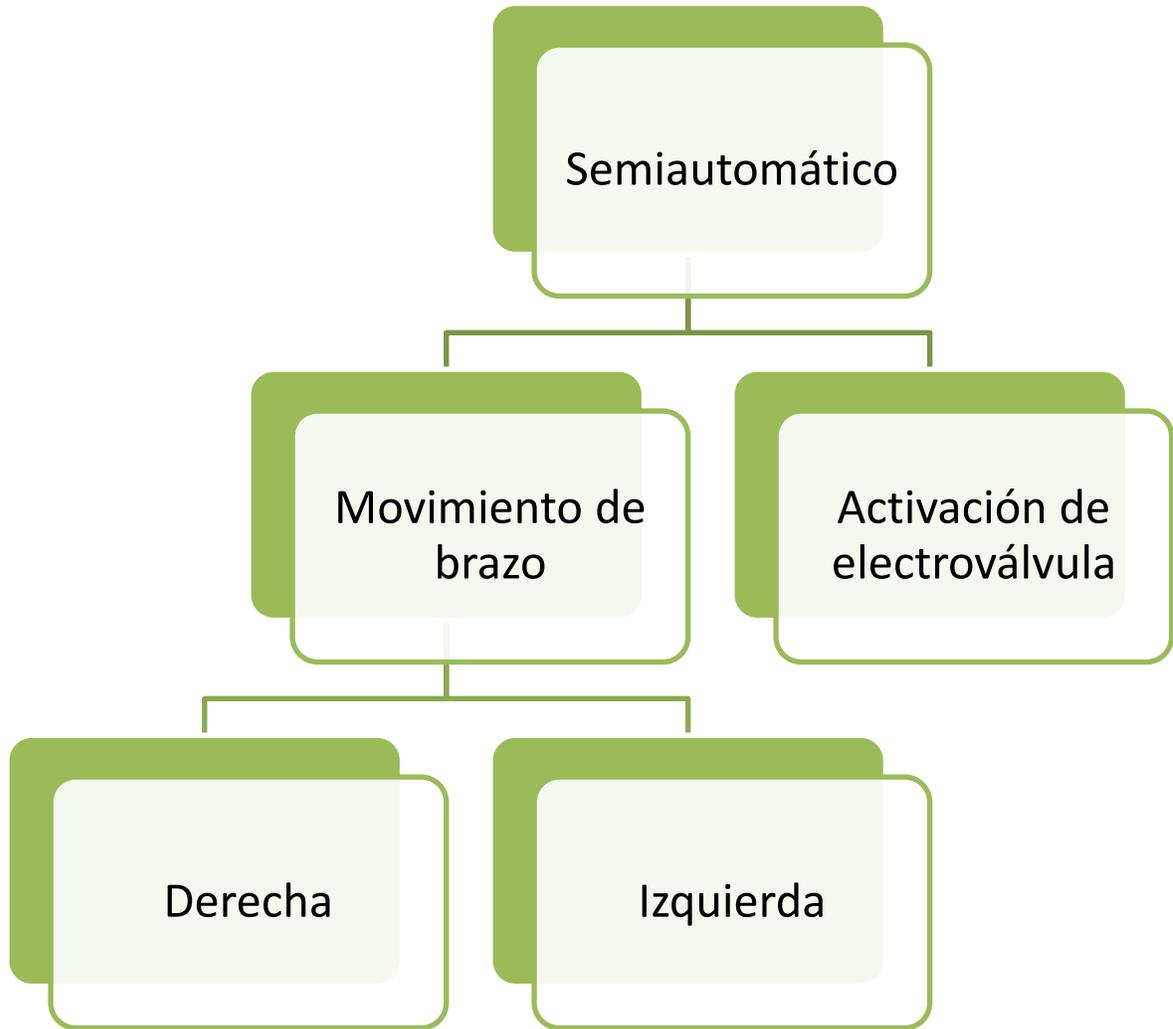


Figura 3.15 Diagrama de flujo de modo semiautomático del sistema de control del software.

En la Figura 3.16 se muestra el diagrama general del software de control de la máquina suajadora se observa cómo se desglosan los dos modos tanto el automático y el semiautomático formando un solo diagrama.

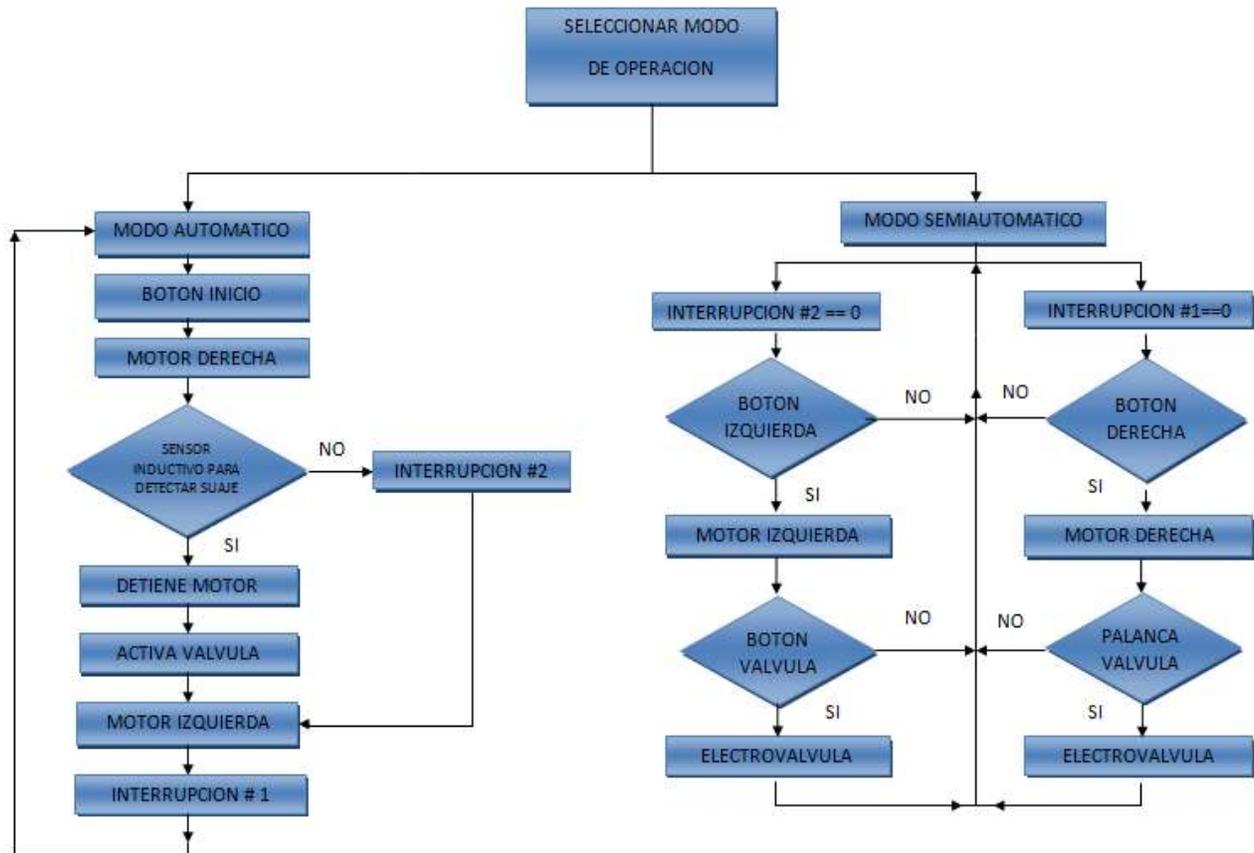


Figura3.16 Diagrama general del software de control de la máquina mecánica suajadora.

Como se muestra en la Figura 3.14; lo primero que realiza el usuario es la elección del modo de trabajo; si el usuario desea utilizar el modo de trabajo automático lo primero que debe realizar el programa es estar en espera de que se presione el botón de inicio esto para iniciar el ciclo y el brazo comience a girar hacia la derecha para hacer un barrido sobre la mesa de trabajo hasta que el sensor inductivo que se encuentra colocado sobre el brazo encuentre el suaje, si este lo detecta detendrá el motor y activará la electroválvula neumática por un tiempo de 0.6 segundos que le manda la señal al pistón neumático de bajar y subir el brazo para realizar el corte de la piel mediante el suaje; posteriormente activa el motor hacia el lado izquierdo regresando el brazo a posición de origen esto se logra cuando se detecta el sensor de interrupción #1 que es la encargada de marcar el fin del proceso y la máquina quedaría en la posición de inicio.

### Capítulo 3. Automatización de la Máquina Suajadora.

Si el sensor inductivo no detecta ningún suaje durante el recorrido del brazo en forma horizontal este llegara al límite donde se detectará la interrupción #2 para marcarle un alto y regresar al brazo hacia el lado izquierdo a la posición de inicio indicada por la interrupción #1.

Cuando el usuario elige el modo semiautomático, tiene la posibilidad de manejar el brazo al lado derecho o izquierdo mientras se presionan los botones izquierda o derecha respectivamente, pero si en alguno de estos recorrido se llega al límite, se activaran los sensores de interrupción 1 o interrupción 2 respectivamente y automáticamente el brazo se detendrá aunque se siga presionando los botones; cuando el usuario coloca el brazo dentro de los límites de trabajo sobre un suaje puede activar la electroválvula neumática presionando el botón corte logrando con esto que baje el brazo y realice el corte de la piel, al momento de soltar el botón de corte la electroválvula neumática elimina la presión y el brazo regresa a la posición donde estaba verticalmente.

#### **3.4 RESUMEN**

En este capítulo se muestra como se realizó la automatización de la máquina suajadora mediante los diferentes diagramas de control, la forma en que implemento el hardware, también se muestran los diagramas de flujo del software, como es el diagrama de flujo para la selección del modo, ya sea automático o semiautomática, y los diagramas de flujo de cada uno de ellos para terminar con el diagrama de flujo final del control implementado para llevar a cabo el funcionamiento de la máquina mecánica suajadora.

## Capítulo 4

### Pruebas y Resultados

En este capítulo se presenta como se realizaron las pruebas necesarias, para el funcionamiento correcto del circuito de control como es en el hardware y el software, en el hardware comprobando que cada elemento realice su funcionamiento, como es la colocación de la pantalla de LCD, los sensores de interrupción el sensor magnético y el funcionamiento del motor utilizados en el proyecto todos estos elementos mencionados en los capítulos anteriores.

Todos los elementos se colocaron en una caja de control que se muestra en la Figura 4.1.



Figura 4.1 Circuito de control de la máquina suajadora

Al software se le realizaron las pruebas de programación para el circuito de control de la máquina mecánica suajadora, como fue la inicialización de pantalla de LCD, que desplegara correctamente los mensajes deseados, el funcionamiento de las salidas elegidas del

## Capítulo 4. Pruebas y Resultados.

microcontrolador así como las entradas estuvieran correctamente declaradas y realizando el funcionamiento del programa implementado para este sistema.

Al unir el software con el hardware se realizó un circuito de control en un tablero donde se colocaron los diferentes botones, primeramente se colocó el botón que enciende el circuito, después se colocó un fusible para proteger el circuito de cualquier anomalía que suceda con la línea, el botón que se colocó “botón de selección” con el cual se elige el modo que se desea operar, se colocó un botón de “reset”, es por si llegara a tener una falla el circuito inicializa todo el sistema, está colocada la pantalla LCD donde se mostraron los dos diferentes tipos de operación que utiliza la máquina y el botón de inicio que se utiliza en el modo automático del sistema y los tres botones que manipulan la máquina cuando se usa el modo semiautomático, como es mover el brazo a hacia la derecha o hacia la izquierda así como realizar el corte.

Para realizar estas pruebas se utilizó una máquina suajadora mecánica real para así comprobar el funcionamiento correcto de todos los elementos colocados sobre la máquina (Figura 4.2); En la Figura 4.2, se observa cómo está colocado el circuito de control y los sensores de interrupción, también se muestra la forma en que se colocó el motor junto con las catarinas para realizar el giro del brazo de la máquina suajadora, se observa cómo está colocada la electroválvula que le manda la presión del aire al pistón, que realiza el corte mediante el brazo y esa electroválvula junto con el motor están conectados a la electrónica de potencia, en este caso los relevadores de estado sólido, que son manipulados por el circuito de control, que lleva en su interior el microcontrolador, siendo este el cerebro de control, para llegar a realizar un funcionamiento de todo el sistema.

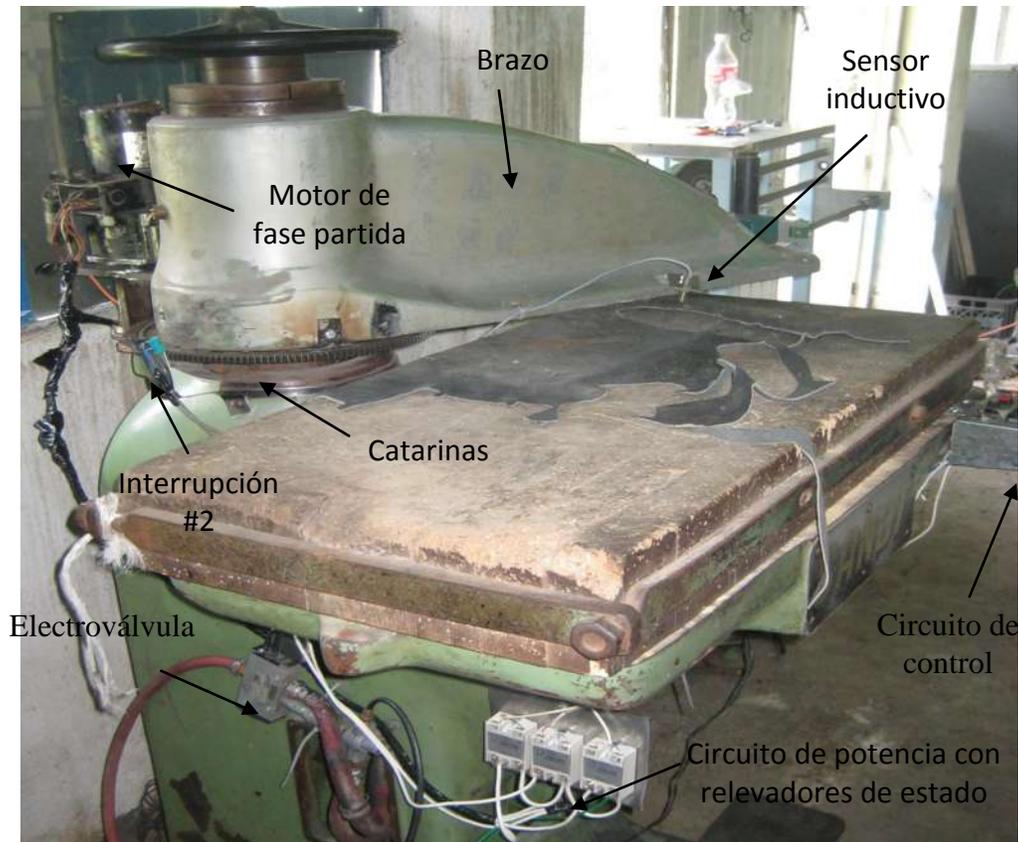


Figura 4.2 Máquina suajadora con los elementos para el seleccionados del sistema de control.

Posteriormente ya colocadas todas las piezas se comprobó el funcionamiento del programa realizando las primeras pruebas simulando el comportamiento de la maquina con un circuito creado por lámparas, esto antes de probar con la máquina suajadora para observar que el circuito de control realice el funcionamiento correcto, después se realizaron las pruebas ya con la máquina, primeramente utilizando el modo semiautomático seguido del modo automático y así lograr el objetivo de este capítulo.

### 4.1 Primera prueba comprobando la pantalla de LCD y sus leyendas

En la primera prueba lo que se realizó fue revisar el modo de operación con el que trabaja la máquina suajadora, para esto la pantalla de LCD tiene que mostrar la leyenda “Elegir modo”; esto para saber cuál es el modo de operación que va a utilizar el usuario, ya sea el automático o semiautomático, como se muestra en la siguiente Figura 4.3.



Figura 4.3 Pantalla LCD mostrando leyenda “Elige Modo”.

Si el usuario elige el modo semiautomático, este mostrará en la pantalla LCD la leyenda “SEMI-AUTOM ELEGIDO” y así el usuario sabe que puede utilizar los botones para que trabajen en modo semiautomático como se muestra en la siguiente Figura 4.4



Figura 4.4 Pantalla LCD mostrando la leyenda “SEMI-AUTOM ELEGIDO”.

Si el usuario elige el modo automático la leyenda que se mostrará en la pantalla LCD es “AUTOMATICO ELEGIDO” y así el operador podrá utilizar el botón de inicio para comenzar el proceso en el modo automático como se muestra en la Figura 4.5.



Figura 4.5 Pantalla LCD mostrando la leyenda “AUTOMATICO ELEGIDO”.

## 4.2 Segunda prueba utilizando un circuito que se compone por lámparas de 127 volts.

Comenzamos realizando las pruebas en este caso se utilizaron lámparas de 127 volts esto para verificar que los relevadores de estado sólido realizarán su función, que es interactuar entre el microcontrolador que trabaja a voltajes de 5volts de corriente directa y las lámparas que trabajan a 127 volts de corriente alterna, como se muestra en la siguiente Figura 4.6.

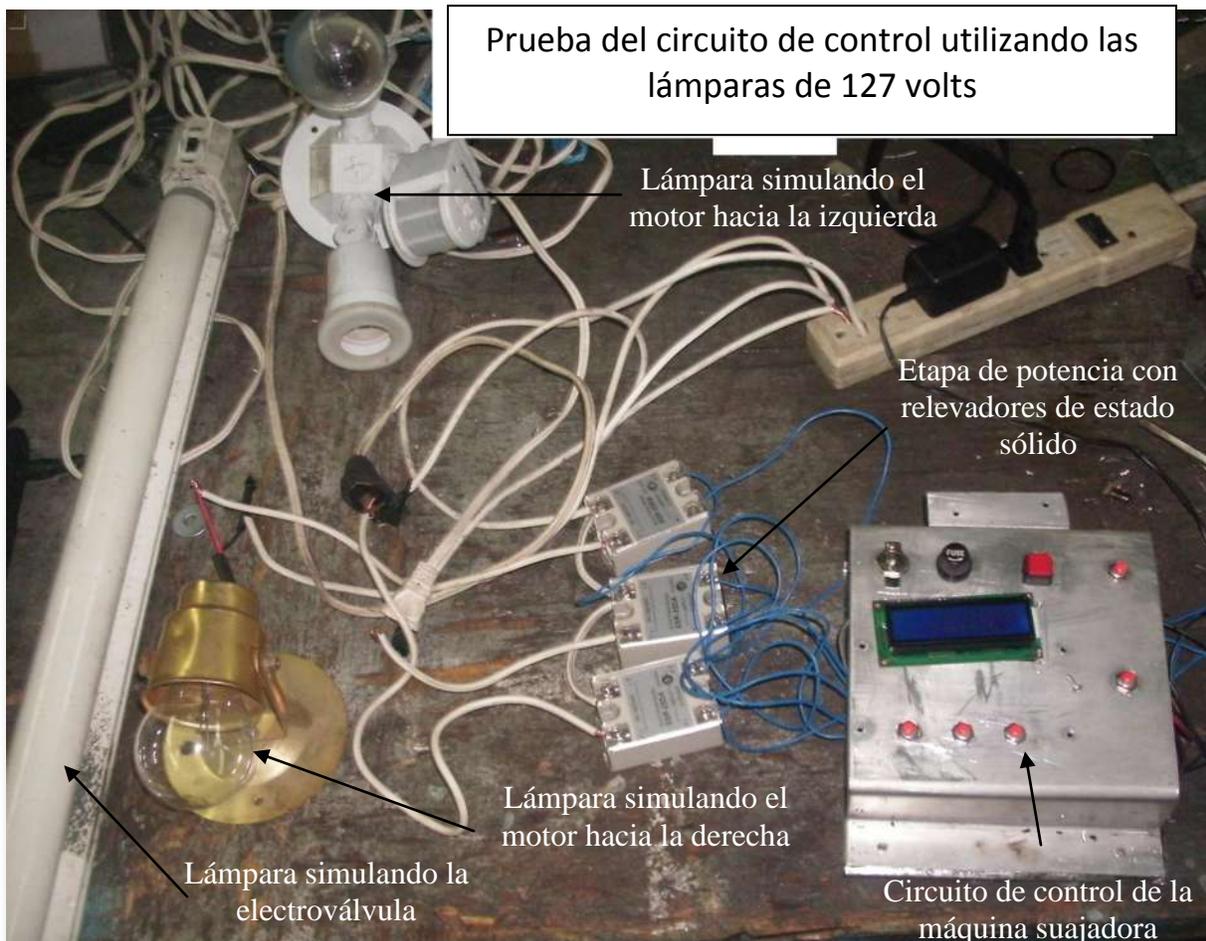


Figura 4.6 Circuito de prueba con lámparas de 127 volts.

#### Capítulo 4. Pruebas y Resultados.

Las lámparas encendieron como se esperaba, primero encendió la lámpara que simula el motor girando hacia la derecha, la cual mientras el usuario esté presionando el botón esta continua encendiéndose, cuando suelta el botón la lámpara se apaga y así pasa con las otras lámparas que simulan el motor girando hacia la izquierda y la simulación de encendido de la electroválvula como se muestra en la Figura 4.7 (A), (B), (C).

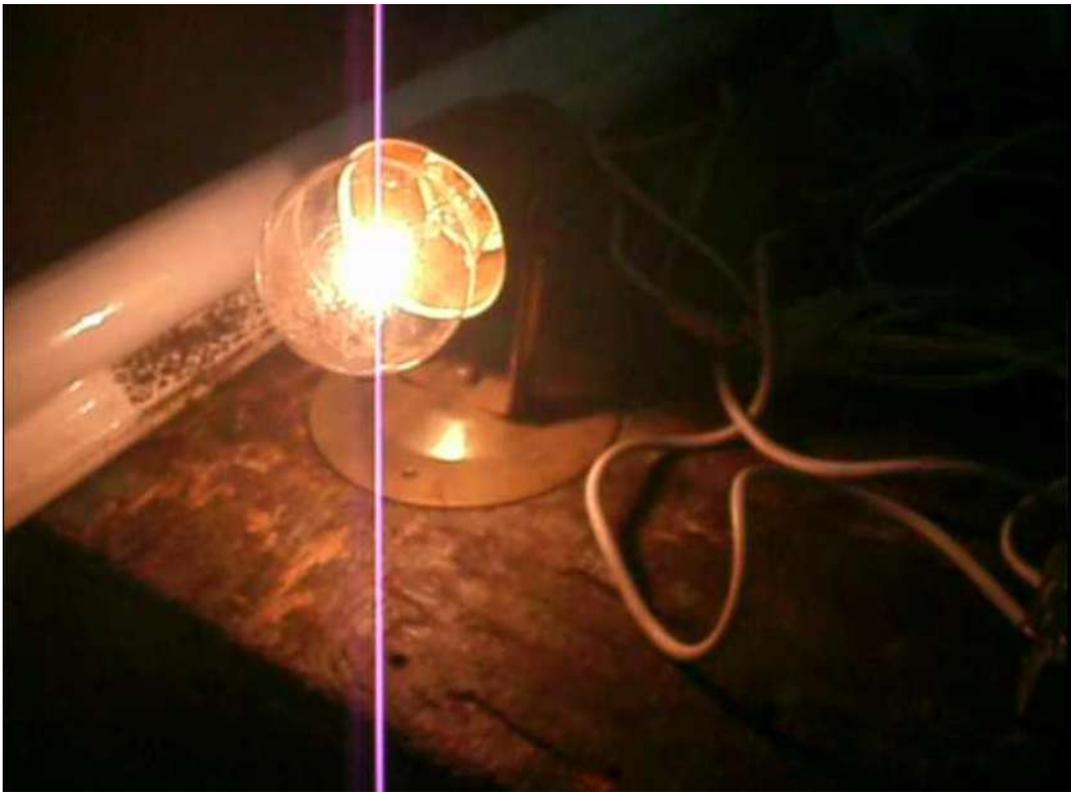


Figura 4.7-A. Simulación girando el motor hacia la derecha.



Figura 4.7-B. Simulación motor girando hacia la izquierda



Figura 4.7-C. Simulación activando la electroválvula.

### 4.3 Prueba con la máquina suajadora en modo semiautomático

En esta prueba se comprobó el funcionamiento del modo semiautomático, esto fue mediante la selección del modo de trabajo, después acomodando el suaje sobre la piel que se va cortar, en seguida se presionó el botón que hace girar el brazo hacia la derecha en forma horizontal, hasta llegar al lugar donde el brazo de la máquina suajadora cubre el suaje y dejar de presionar el botón; después se presiona el botón de corte que activa la electroválvula para generar la presión que cortará la piel con el suaje, este botón se presiona por unos instantes, al soltar el botón de corte el brazo de la máquina suajadora se levantó verticalmente y se presionó el botón que hace girar el brazo de la máquina suajadora hacia el lado izquierdo regresando el brazo de la máquina suajadora al inicio del proceso.



Figura 4.8 Prueba utilizando el modo semiautomático realizando el corte de la piel.

#### 4.4 Prueba observando el correcto funcionamiento los sensores de interrupción.

La siguiente prueba se realiza en el modo de operación semiautomático, lo primero que se realiza es hacer girar el brazo de la máquina suajadora hacia el lado derecho y que llegue hasta donde está colocado el sensor de la interrupción, que detiene el brazo, evitando salir de ese límite y después regresando el brazo al presionar el botón que gira hacia la izquierda, de igual manera interrumpiendo el proceso de giro del brazo de la máquina suajadora como se muestra en la siguiente Figura 4.9.



Figura 4.9 Probando los límites mediante las interrupciones en modo semiautomático.

## 4.5 Prueba realizada con la máquina suajadora en modo automático.

Para realizar esta prueba, primeramente se selecciona el modo automático, aquí se presionó el botón de inicio como se muestra en la Figura 4.10, que activa el motor para hacer girar el brazo hacia el lado derecho, este brazo giró hasta que el sensor inductivo detectó el suaje, al detectar el suaje el brazo se detiene sobre él y se activa la electroválvula generando la presión suficiente sobre el suaje y corta la piel, después el brazo comienza a girar hacia el lado izquierdo hasta llegar a su límite, en esta caso la interrupción y así volver a quedar al inicio nuevamente del sistema.



Figura 4.10 Presionando el botón de inicio del modo automático.

## 4.6 Resumen

En las pruebas que se realizaron al sistema de control, se comprobó el correcto funcionamiento del circuito de control como del programa implementado en el microcontrolador para manejar todos los elementos, que fue mostrar las leyendas en la pantalla de LCD, la activación de los relevadores de estado sólido, así como los sensores de interrupción y el sensor inductivo mediante los diferentes modos de prueba, el automático y el semiautomático, realizando el proceso el usuario al presionar el botón de inicio en el modo automático y los botones que manipulan la máquina suajadora en el modo semiautomático.

## Capítulo 5.

### Conclusiones

El rescate de las máquinas suajadoras mecánicas se vuelve una oportunidad para las empresas con problemas de recursos financieros y de su disponibilidad, en pocas palabras, una máquina suajadora mecánica que se descompone por las fallas comunes de este tipo, resulta muy costoso la reparación o la adquisición de una nueva. Los costos de reparación de una máquina son muy elevados, además de la escasez de las refacciones. Como por ejemplo, el volante de inercia de la máquina suajadora mecánica, que es muy difícil de reparar y de conseguirlo como refacción. Esta es una de las razones por la que es viable la recuperación de estas máquinas y transformarlas en neumáticas. Ya que las refacciones más costosas se eliminan del proceso, haciendo más económico este rescate.

Un impacto importante que tiene la transformación de una máquina suajadora mecánica en neumática, es el ahorro de energía; cuando la máquina suajadora mecánica está trabajando, el motor de 2 HP está constantemente encendido, con su consumo de energía eléctrica correspondiente. Ahora, la compresora de aire que se necesita para abastecer la máquina suajadora neumática, no necesita estar encendida la misma cantidad de tiempo que el motor, ni consume la misma cantidad de energía. Además, las compresoras de aire son maquinaria que forma parte de muchos procesos dentro de las fábricas de calzado, a las que sólo les tocaría alimentar una máquina más al compresor, lo cual no disminuiría significativamente su rendimiento.

Este impacto invariablemente, repercute a largo en los costos del consumo de energía eléctrica, siendo esta, una ventaja inmejorable para las empresas que se encuentran con la problemática de la reducción de costos en sus procesos. Y a su vez el costo de la transformación si es significativamente menor a la adquisición de una máquina suajadora usada, y obviamente al de una máquina suajadora nueva. Siendo esta proporción de 5 a 1 con una máquina usada y de 10 a 1 con una máquina nueva.

## Capítulo 5. Conclusiones, Bibliografía y apéndices.

En el mercado actual no se manejan comúnmente máquinas suajadoras mecánica de ningún tipo que se trabaje en automático el proceso de corte del suaje. Con el microcontrolador que se incorpora para este proyecto realiza el proceso de forma automática, y este se puede utilizar de esa forma que se describe o también se puede utilizar el método semiautomático, que es el que utilizan la mayoría de las máquinas en la industria.

Cuando un operador trabaja una máquina suajadora semiautomática, tiene que realizar dos tipos de movimientos, los que corresponden al operador que son colocar el suaje sobre la piel, y retirar la pieza cortada, y también le corresponde manipular el brazo mediante los botones que activan el brazo y lo hacen girar. Cuando un operador trabaja una máquina suajadora en modo automático, solamente tiene que colocar el suaje sobre la piel y retirar la pieza cortada, y puede recolocar el suaje en una nueva posición de la piel en el tiempo en que el brazo hace su movimiento automático, reduciendo considerablemente el tiempo que hay entre un corte y el siguiente. Haciendo mención de la existencia de máquinas suajadoras que el brazo de corte se opera de forma manual, hay que agregar el esfuerzo y el cansancio que provocan al operador, además del tiempo que se consume entre corte y corte.

## **Trabajos futuros**

Este proyecto dista mucho de ser perfecto, pero es un inicio. A este proyecto se le pueden hacer muchas mejoras, no todas necesariamente del área de electrónica. Por ejemplo, cambiar el motor de fase partida que consume energía eléctrica, por un motor neumático, que reduciría el costo de consumo de energía. Como también el sensor que detecte la presencia de la mano del operador para dar más seguridad al momento del corte. Porque de la forma actual no superaría los niveles de seguridad exigidos en muchos países industrializados con respecto de la seguridad de los operarios.

## Bibliografía

[1]

<sup>1</sup> Bazán, Lucía. *La situación de los obreros del calzado en León, Guanajuato*, 2005, Editorial Trillas.

[2]

Control de consumo de energía eléctrica, para un conjunto departamental, que cuenta con una bomba eléctrica en común./Víctor Zavala Murillo/ Morelia, Mich. Septiembre 2009.

[3]

[http://galia.fc.uaslp.mx/~cantocar/automatas/PRESENTACIONES PLC PDF S/25 SENSORES CAPACITIVOS.PDF](http://galia.fc.uaslp.mx/~cantocar/automatas/PRESENTACIONES_PLC_PDF_S/25_SENSORES_CAPACITIVOS.PDF)