

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

**ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS**

**CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL Y MANDO  
ELECTRÓNICO DE UNA LAVADORA DE ROPA MABE  
LMA4900B.**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGO EN  
ELECTROMECAÁNICA**

**JENNY JOHANNA GALÁN VILLACRÉS**

**jejo\_g\_v@hotmail.com**

**MIGUEL ALEJANDRO YÁNEZ ARIAS**

**urion89@gmail.com**

**DIRECTOR: ING. ALFREDO PLUTARCO ARCOS LARA**

**alfredo.arcos@epn.edu.ec**

**QUITO, ABRIL 2014**

## DECLARACIÓN

Jenny Johanna Galán Villacrés y Miguel Alejandro Yáñez Arias declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría, que no ha sido previamente para ningún grado o calificación profesional y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración concedemos nuestros derechos de propiedad intelectual correspondientes a esta tesis, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

---

Jenny J. Galán V.  
CI: 1718857590

---

Miguel A. Yáñez A.  
CI: 1722922869

## **CERTIFICACIÓN**

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Jenny Johanna Galán Villacrés y Miguel Alejandro Yáñez Arias, bajo mi supervisión.

---

Ing. Alfredo Arcos  
**DIRECTOR DE PROYECTO**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecemos a Dios por habernos guiado paso a paso con gran firmeza por el largo camino de la vida y llevarnos a este especial momento, a nuestros padres por el apoyo incondicional en forma personal y emocional.

A todos aquellos que formaron parte de nuestra vida estudiantil como compañeros y mucho más como amigos.

De manera especial al Ing. Alfredo Arcos y a nuestra prestigiosa Escuela Politécnica Nacional por permitirnos culminar con éxito nuestros proyectos y anhelos.

## **DEDICATORIA**

Dedicamos este trabajo especialmente a Dios por las bendiciones que él siempre nos ha otorgado a lo largo de este tiempo.

A nuestras madres por el gran amor que nos demuestran día a día y por los consejos que nos han brindado para seguir adelante.

A nuestros padres por el apoyo que nos han brindado en cualquier condición y el esfuerzo que han hecho para otorgarnos el estudio.

Al resto de nuestra familia, amigos y personas que han estado junto con nosotros en todo momento.

## CONTENIDO

Declaración .....	i
Certificación.....	ii
Agradecimiento .....	iii
Dedicatoria .....	iv
Contenido.....	v
Resumen.....	xii
Presentación .....	xiii
Introducción.....	xiv
Antecedentes y justificación .....	xv

### CAPÍTULO 1

#### LA LAVADORA DE ROPA

1.1. Reseña histórica de las lavadoras de ropa.....	1
1.1.1. Evolución.....	1
1.1.2. Funcionamiento de la lavadora de ropa.....	2
1.1.3. Etapas del proceso de lavado. ....	4
1.1.3.1. Clasificación de la ropa.....	4
1.1.3.2. Tipo de suciedad.....	5
1.1.3.3. Pesado de la ropa.....	5
1.1.3.4. Definición de fórmulas de lavado.....	6
1.1.3.4.1. Enjuague inicial y Humectación.....	6
1.1.3.4.2. Remojo .....	6
1.1.3.4.3. Enjabonado .....	6
1.1.3.4.4. Enjuague interno .....	6
1.1.3.4.5. Blanqueado .....	6
1.1.3.4.6. Enjuague final.....	6
1.1.4. Aspectos importantes del lavado.....	7
1.1.4.1. Tiempo.....	7
1.1.4.2. Temperatura.....	7

1.1.4.3. Acción mecánica .....	7
1.1.4.4. Acción química .....	7
1.1.5. Secado .....	8
1.1.6. Planchado.....	8
1.1.7. Doblado .....	8
1.2. Partes que conforman una lavadora de ropa electromecánica.....	8
1.2.1. Programador.....	9
1.2.1.1. Variables que controla el programador.....	10
1.2.2. La electroválvula.....	10
1.2.2.1. Partes y funcionamiento .....	10
1.2.3. Motor eléctrico .....	13
1.2.3.1. Motores de arranque por condensador .....	16
1.2.3.2. Motores de fase partida .....	16
1.2.4. Tambor .....	18
1.2.4.1. Tipos de tambor de lavadoras .....	19
1.2.4.2. Material del tambor .....	20
1.2.5. Cubeta .....	21
1.2.6. Carter del tambor.....	22
1.2.7. Amortiguadores .....	22
1.2.8. Entradas de agua .....	23
1.2.9. Filtro.....	23
1.2.10. Depósitos de detergentes.....	24
1.2.11. Correa.....	24
1.2.12. Bloqueo para niños.....	24
1.2.13. Medidor de tiempo .....	25

## **CAPÍTULO 2**

### **DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS ELEMENTOS A USARSE EN EL SISTEMA ELECTRÓNICO DE CONTROL Y MANDO DE LA LAVADORA**

2.1. Microcontroladores .....	27
-------------------------------	----

<b>2.1.1.</b>	Introducción .....	27
<b>2.1.1.1.</b>	Aplicaciones de un microcontrolador .....	27
<b>2.1.1.2.</b>	Utilización en la industria .....	28
<b>2.1.1.2.1.</b>	Regulación .....	28
<b>2.1.1.2.2.</b>	Automatismos .....	28
<b>2.1.1.2.3.</b>	Robótica .....	28
<b>2.1.1.3.</b>	Instrumentos portátiles compactos .....	28
<b>2.1.1.4.</b>	Dispositivos autónomos .....	29
<b>2.1.2.</b>	Principales fabricantes .....	29
<b>2.1.3.</b>	Aparición y desarrollo de los microcontroladores .....	30
<b>2.1.3.1.</b>	Breve esbozo histórico. ....	30
<b>2.1.4.</b>	Arquitectura de un microcontrolador .....	32
<b>2.1.4.1.</b>	Arquitectura Von Neumann .....	32
<b>2.1.4.2.</b>	Arquitectura Harvard .....	33
<b>2.1.5.</b>	Tipos de memoria .....	34
<b>2.1.5.1.</b>	Memoria RAM .....	34
<b>2.1.5.2.</b>	Memoria ROM .....	34
<b>2.1.5.3.</b>	Memoria OTP .....	34
<b>2.1.5.4.</b>	Memoria EPROM .....	34
<b>2.1.5.5.</b>	Memoria EEPROM .....	35
<b>2.1.5.6.</b>	Memoria Flash .....	35
<b>2.1.6.</b>	Criterios para seleccionar un microcontrolador .....	35
<b>2.1.6.1.</b>	Procesamiento de datos .....	35
<b>2.1.6.2.</b>	Entrada/Salida .....	36
<b>2.1.6.3.</b>	Consumo .....	36
<b>2.1.6.4.</b>	Memoria .....	36
<b>2.1.6.5.</b>	Ancho de palabra .....	36
<b>2.1.6.6.</b>	Diseño de la placa .....	37
<b>2.1.7.</b>	El microcontrolador ATMEL AVR .....	37
<b>2.1.7.1.</b>	Introducción .....	37
<b>2.2.</b>	LCD .....	39



2.2.1. Introducción .....	39
2.2.2. Definición de LCD.....	39
2.2.3. Los caracteres del LCD .....	40
2.2.4. Diversidad de módulos LCD .....	41
2.2.4.1. Tipos de memorias del LCD .....	42
2.2.4.1.1. DD RAM (Display Data Ram) .....	42
2.2.4.1.2. CG RAM (carácter generator RAM).....	42
2.2.5. Interface con el exterior y funcionamiento del módulo.....	44
2.2.5.1. Asignación de pines .....	44
2.2.5.2. El bus de datos.....	45
2.3. El contactor.....	45
2.3.1. Definición y generalidades.....	45
2.3.2. Descripción del contactor .....	48
2.3.3. Partes del contactor.....	48
2.3.3.1. Carcasa .....	48
2.3.3.2. Electroimán.....	49
2.3.3.2.1. Bobina .....	49
2.3.3.2.1.1. Bobina energizada con CA.....	49
2.3.3.2.1.2. Bobina energizada con CC.....	50
2.3.3.3. El núcleo.....	51
2.3.3.4. Armadura.....	51
2.3.3.5. Contactos .....	52
2.3.3.5.1. Contactos principales .....	53
2.3.3.5.2. Contactos secundarios .....	54
2.3.3.5.2.1. Contacto normalmente abierto .....	55
2.3.3.5.2.2. Contacto normalmente cerrado .....	55
2.3.4. Funcionamiento del contactor.....	56
2.3.5. Clasificación de los contactores .....	56
2.3.5.1. Por su construcción .....	57
2.3.5.1.1. Contactores electromecánicos .....	57
2.3.5.1.2. Contactores estáticos o de estado sólido .....	57

2.3.5.2.	Por el tipo de corriente eléctrica que alimenta la bobina .....	57
2.3.5.3.	Por los contactos que tiene .....	57
2.3.5.4.	Por la carga que pueden maniobrar (categoría de empleo) .....	57
2.3.6.	Categoría de empleo .....	58
2.3.7.	Criterio para la elección de un contactor .....	59
2.3.8.	Ventajas de los contactores.....	59
2.3.9.	Causas del deterioro de un contactor .....	60
2.3.9.1.	Deterioro de la bobina .....	60
2.3.9.2.	Deterioro en el núcleo y armadura .....	61
2.3.9.3.	Deterioro de los contactos .....	61
2.4.	Reguladores de tensión.....	62
2.4.1.	Introducción de los reguladores de tensión .....	62
2.4.1.1.	Reguladores de tensión ajustable tri-terminal.....	64
2.5.	Transistor de unión bipolar BJT .....	65
2.5.1.	Introducción .....	65
2.5.2.	Constitución interna de un BJT.....	65
2.5.3.	Transistor bipolar NPN .....	66
2.5.4.	Transistor bipolar PNP.....	67
2.5.5.	Configuraciones del BJT.....	68
2.5.6.	Funcionamiento básico BJT NPN.....	68
2.5.7.	Funcionamiento básico BJT PNP.....	69
2.5.8.	Definición de los modos de trabajo del BJT.....	70
2.5.9.	El BJT en conmutación.....	70
2.5.10.	El BJT en corte y saturación.....	71

### **CAPÍTULO 3**

#### **IMPLEMENTACIÓN DEL HARDWARE PARA EL CONTROL Y MANDO DE LA LAVADORA DE ROPA**

3.1.	Descripción de los programas de lavado de la lavadora de ropa mabe Ima4900b.....	72
------	--	----

3.1.1. Programa de planchado permanente .....	73
3.1.2. Programa de tejido sintético .....	74
3.1.3. Programa de lavado normal .....	75
3.2. Diagrama esquemático del circuito.....	76
3.3. Alimentación del circuito .....	76
3.3.1. Estabilizador 7805 .....	77
3.3.1.1. Distribución de pines .....	78
3.3.1.2. Características del circuito integrado 7805.....	79
3.4. Microcontrolador Atmega 32.....	79
3.4.1. Distribución de pines del microcontrolador Atmega 32.....	80
3.4.2. Características de microcontrolador Atmega 32.....	81
3.5. Sensor de nivel.....	82
3.6. Transistor 2N3904 NPN.....	83
3.6.1. Cálculo de las resistencias (RB) para la salida a los relés .....	85
3.6.2. Distribución de pines .....	86
3.6.3. El uso de un transistor como un interruptor .....	87
3.7. Elaboración de la placa .....	88

## **CAPÍTULO 4**

### **DESARROLLO DEL SOFTWARE**

4.1. Introducción .....	92
4.2. Bascom AVR .....	93
4.2.1. Configurar Twin AVR Bascom .....	94
4.2.2. Pasos para usar y configurar Bascom AVR.....	94
4.3. PROGISP (Versión 1.6.7).....	98
4.3.1. Grabación del programa en el microcontrolador.....	98
4.4. Descripción del programa del microcontrolador Atmega 32 para el control de la lavadora .....	100
4.4.1. Encabezado.....	101
4.4.2. Declaración de pines empleados del microcontrolador .....	102

4.4.3. Declaración de variables .....	104
4.4.4. Función interruptor.....	106
4.4.5. Presentación inicial.....	107
4.4.6. Programa de la lavadora de ropa .....	108
4.4.6.1. Subprograma para seleccionar la velocidad de la lavadora de ropa	109
4.4.6.2. Subprograma para seleccionar la temperatura del agua.....	112
4.4.6.3. Subprograma para seleccionar el tamaño de la ropa.....	115
4.4.6.4. Subprograma para la presentación inicial para la selección del tamaño de la ropa .....	123
4.4.6.4.1. Subprograma para niveles fuera de alcance.....	124
4.4.6.4.2. Subprograma para la opción ropa pequeña .....	126
4.4.6.4.3. Subprograma para la opción ropa mediana .....	126
4.4.6.4.4. Subprograma para la opción ropa grande.....	127
4.4.6.4.5. Subprograma para la opción ropa extra grande .....	127
4.4.6.5. Subprograma para la selección del programa de lavado .....	128
4.4.6.5.1. Subprograma para planchado permanente.....	131
4.4.6.5.2. Subprograma para tejido sintético.....	134
4.4.6.5.3. Subprograma para tejido normal.....	136

## 5. CAPÍTULO 5

Conclusiones.....	138
Recomendaciones.....	140
Bibliografía .....	141
Anexos	

## RESÚMEN

La lavadora es un electrodoméstico que dura aproximadamente 10 años cuando se usa cotidianamente, después de transcurrido ese tiempo comienza a presentar desgastes en las piezas en especial si son de carácter electromecánico como el sistema de control de la lavadora de ropa mabe usada en este proyecto.

Capítulo 1. Se trata sobre la información básica de la lavadora de ropa, su funcionamiento, partes componentes, y los diferentes ciclos de lavado.

Capítulo 2. Ofrece información básica de todos los elementos principales que utiliza nuestro circuito por ejemplo: microcontroladores, LCD, contactores, transistores, estabilizadores de voltaje.

Capítulo 3. Describe los diferentes programas de lavado de nuestra lavadora de ropa, además se explica los datos básicos y características de los elementos que serán utilizados en nuestro proyecto.

Capítulo 4. Detalla paso a paso el desarrollo del software y diseño del programa que el microcontrolador ATMEGA 32 va a utilizar para específicas funciones.

Capítulo 5. Este capítulo presenta las pruebas realizadas a cada uno de los componentes que nuestro circuito utiliza, mostrando los resultados que ofrecen al trabajar en conjunto y obteniendo como resultado final el funcionamiento óptimo de la lavadora de ropa.

## **PRESENTACIÓN**

La lavadora de ropa es un electrodoméstico que se ha convertido en una herramienta para todos los hogares debido al ritmo de vida que llevamos actualmente, por este motivo debe funcionar óptimamente y evitar el mantenimiento al máximo.

Por lo tanto la construcción de un sistema de control y mando electrónico de una lavadora de ropa nos permitirá recuperar una máquina que se asumía como obsoleta volviéndole más confiable con la utilización de elementos electrónicos los mismos que serán más eficientes ya que son elementos sólidos que no sufren desgaste a diferencia de los elementos electromecánicos que requieren mantenimiento con frecuencia.

El progreso de la electrónica digital y los microcontroladores contribuyen tanto al desarrollo de la tecnología, el bienestar de las personas y lo que buscan día a día es disminuir costos y ser cada vez más amigables con el usuario.

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad la lavadora de ropa es un electrodoméstico de primera necesidad y requiere funcionar en correctas condiciones en nuestros hogares. Considerando que en nuestra sociedad los electrodomésticos funcionan mucho más que su vida útil predeterminada hemos decidido cambiar el sistema de control electromecánico dañado por un sistema electrónico para el control de la lavadora.

La lavadora de ropa mabe que se va a usar en este proyecto tiene dañado el sistema de control electromecánico, que es el cerebro de la máquina, debido al uso y a diferentes factores presentes en la vida cotidiana, por este inconveniente la máquina ha permanecido detenida por un determinado periodo. Las demás partes de la máquina como la estructura mecánica, el motor, las electroválvulas y los diferentes elementos que componen la lavadora de ropa se encuentran en buen estado. Por estos motivos se cambiará el sistema electromecánico de la máquina por un sistema electrónico que tiene como base un microcontrolador (Atmega 32) este sistema nos garantiza la funcionalidad de la máquina y mejorar la tecnología de la misma a fin de evitar los mantenimientos que son necesarios en los sistemas electromecánicos.

Con este tipo de control electrónico la máquina disminuirá su consumo de energía y será más fiable su manejo además de regresar a la vida a la lavadora de ropa sin perder la inversión inicial.

## **ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN**

### **ANTECEDENTES**

El propósito de este trabajo es llegar a implementar un control microcontrolado a una lavadora de ropa, el cual debe ser capaz de realizar las funciones que hace el control electromecánico original de la máquina. Para la realización de este trabajo debemos basarnos en los conocimientos adquiridos, en las prácticas realizadas en el paso por la ESFOT y unir lo que antes parecían temas aislados, conceptos y prácticas en un solo proyecto para satisfacer las necesidades de una familia.

### **JUSTIFICACIÓN**

- Este proyecto ayudará a solucionar un determinado problema práctico de tipo técnico y económico.
- En la actualidad la economía de nuestros hogares no nos permite desechar nuestros electrodomésticos cuando tienen fallas que pueden ser remplazados como es el caso del sistema de control de la lavadora usada en este proyecto.
- Mediante el uso de elementos sólidos se suprimirá las averías que se presentan frecuentemente en un sistema electromecánico.
- Disminuir gastos económicos innecesarios en el mantenimiento del sistema de control de la lavadora de ropa.
- Controlar los tiempos del proceso de lavado de ropa de acuerdo al fabricante.
- Contribuirá al desarrollo personal y profesional de los tesisistas en el área mencionada y profundizar nuestros conocimientos.



# CAPÍTULO 1

## LA LAVADORA DE ROPA

### 1.1. Reseña histórica de las lavadoras de ropa. <sup>[1]</sup>

Antiguamente la ropa se limpiaba en el río, golpeándola contra las rocas y frotándolas con arena. Es tan antigua esta necesidad de lavar la ropa que arqueólogos han encontrado restos de grasa animal mezclada con ceniza utilizada como jabón para lavar la ropa con mejores resultados. En América la primera máquina de lavar fue el fregadero, o tabla de fregar, en Chile conocida como Artesa en 1797.

Las primeras lavadoras de la historia imitaban el movimiento que realizaban manualmente las personas al lavar su ropa. Básicamente consistía en una máquina que frotaba una prenda de ropa contra una superficie rugosa y que se accionaba manualmente, con una palanca. Las primeras lavadoras automáticas datan de principios de siglo (1904).

La primera lavadora fabricada en Europa data de 1951. Empresas como Whirlpool empezaron con el negocio de las lavadoras. En las primeras lavadoras se emplearon principalmente motores de 1/8 CV y de 1/4 CV que se enfriaban mediante un ventilador para evitar que el rotor se quemara. Hoy en día las lavadoras disponen de microcontroladores y microprocesadores extremadamente potentes, e incluso algunas marcas han incluido técnicas de programación basadas en "lógica difusa" en sus lavadoras, aunque el número de variables y la potencia de dicha lógica son muy reducidos.

#### 1.1.1. Evolución

La primera lavadora propiamente fue inventada por un americano, James King, quien la patentó en 1851 y era solamente un tambor, a pesar que esta máquina ya se asemejaba a

una de las actuales, esta funcionaba a mano. En 1858 Hamilton Smith patenta la primera máquina de lavar rotatoria y en 1874, William Blackstone de Indiana construyó como regalo para su esposa una excelente máquina de lavar que era muy eficiente en remover la suciedad y muy conveniente para el uso dentro de un hogar. En 1908 la primera máquina de lavado eléctrica salió al mercado, creada por la Hurley Machine Company of Chicago, Illinois y su máquina llamada Thor, que fue inventada por Alva J. Fisher.

La lavadora Thor tenía forma de tambor con un tubo galvanizado para la ropa y un motor eléctrico, su patente fue registrada el 9 de agosto de 1910. En las primeras lavadoras se emplearon principalmente motores de 1/8 CV y de 1/4 CV que se enfriaban mediante un ventilador para evitar que el rotor se quemara. La empresa Whirlpool comenzó en 1911 a producir lavadoras eléctricas más económicas que eran accesibles para los norteamericanos de aquellos días. Fue en 1949 que se creó la primera lavadora automática o mejor dicho programada, esto si con tarjetas perforadas por Schultness Group. En 1951 Europa crea su primera lavadora automática. En 1978 se produjo la primera lavadora automática controlada por microchip. Hoy en día las lavadoras disponen de microcontroladores y microprocesadores extremadamente potentes, e incluso algunas marcas han incluido técnicas de programación pero sus aplicaciones para programar el lavado y son muy eficientes, permitiéndole a las personas utilizar su tiempo en otras actividades y no ocuparse en el lavado de la ropa como una ardua tarea.

El inventor de la lavadora eléctrica tal como la conocemos hoy en día fue Alva Fisher. La primera máquina de este tipo apareció en 1901. Fisher, construyó una máquina que contenía un tambor, al cual se le colocaba agua y jabones. Esta máquina era automática y funcionaba por medio de la electricidad. Así, Fisher conseguía lavar ropa, de una manera muchísimo más práctica, de lo que las personas de la época, estaban acostumbradas.

### **1.1.2. Funcionamiento de la lavadora de ropa.**<sup>[2]</sup>

El principio de funcionamiento de cualquier lavadora es el giro que se provoca sobre un recipiente, normalmente cilíndrico, dentro del cual se mezcla agua,

detergente y ropa sucia. Este movimiento provocará a la vez la mezcla del detergente con la suciedad y el movimiento relativo entre el agua y la ropa, con lo que se desarrolla el proceso de limpieza.

El movimiento es provocado por un motor eléctrico por lo general monofásico para facilidad de las instalaciones domésticas, que está unido mediante un eje al tambor. En las lavadoras automáticas hay un programador que permite que la lavadora realice distintos procesos de lavado según se seleccione, con distintas velocidades de giro, tiempos que permanece girando o temperatura deseada.

En los modelos más corrientes de lavadora automática el programador es un dispositivo electromagnético de forma cilíndrica que tiene una serie de posiciones señaladas. Cuando seleccionamos un programa, el mando comienza a girar dependiendo de las señales que recibe de una serie de sensores, como pueden ser los de control de temperatura o nivel de agua.

Conforme se produce este giro una serie de contactos se van produciendo entre el programador, el motor de la lavadora y las válvulas de entrada y salida del agua, a partir de estos contactos y las señales que mandan los sensores anteriormente citados se desarrollan los programas de lavado. En los últimos modelos, estos dispositivos electromagnéticos se sustituyen por un microprocesador que controla todo el proceso y por sensores electrónicos más seguros y fiables que los electromecánicos.

El número de programas y posibilidades de programación que tiene la lavadora de ropa están definidos por el temporizador, un programa corto de media hora es útil para cuando tenemos prisa y la ropa no está muy sucia. Por el contrario, los programas largos ayudan a ahorrar energía permitiendo bajar la temperatura del agua y compensándola con un mayor tiempo de exposición de la ropa con el detergente.

### 1.1.3. Etapas del proceso de lavado. [3]

#### 1.1.3.1. Clasificación de la ropa.

Como punto de partida en el proceso de lavado, la ropa debe clasificarse como se muestra en la figura 1.1 procurando separarla considerando aspectos como:

- Tipo de tela
- Grado de suciedad
- Colores de tela
- Tipo de suciedad

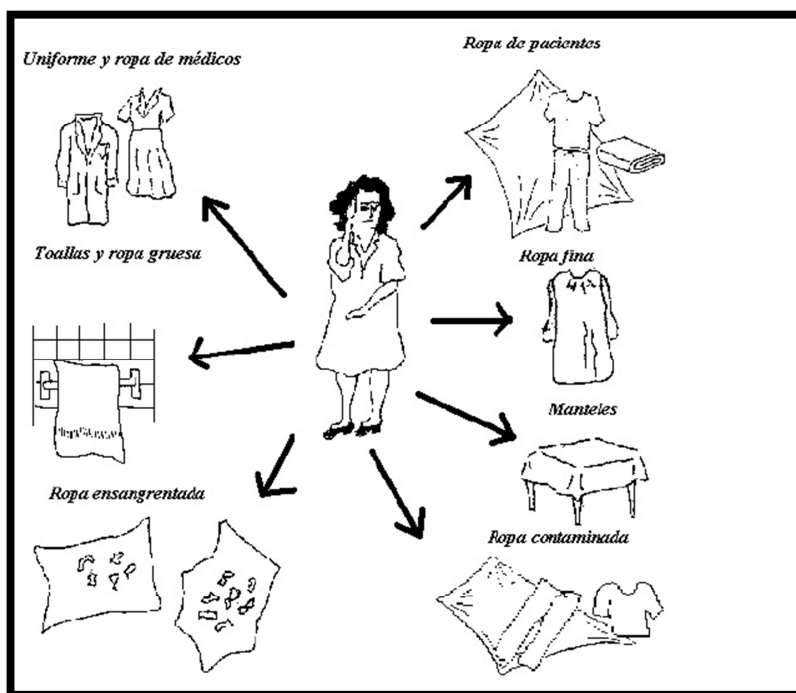


Fig. 1.1 Clasificación de la ropa

### 1.1.3.2. Tipo de suciedad

La suciedad podemos clasificarla de la siguiente forma:

- Sangre
- Colorantes
- Cosméticos
- Sudor
- Grasas y aceites
  - Vaselinas y parafinas
  - Animales y vegetales
  - Lubricantes
- Otros
  - Harinas
  - Azúcares
  - Albuminas

### 1.1.3.3. Pesado de la ropa

La ropa ya clasificada será pesada y agrupada de acuerdo a la capacidad de las máquinas lavadoras de que se dispone como se muestra en la figura 1.2. La ropa deberá estar seca para poder ser pesada.



Fig. 1.2 pesado de la ropa

#### **1.1.3.4. Definición de fórmulas de lavado**

##### **1.1.3.4.1. Enjuague inicial y Humectación**

Destinados a eliminar el polvo, suciedades gruesas y manchas rápidamente solubles, y dispensables en agua fría.

##### **1.1.3.4.2. Remojo**

Se aplica para eliminar manchas bien penetradas en las prendas de vestir.

##### **1.1.3.4.3. Enjabonado**

Fase principal del proceso que elimina los restos de manchas y residuos.

##### **1.1.3.4.4. Enjuague interno**

Destinado a la eliminación parcial de los productos detergentes y alcalinos y del agua sucia.

##### **1.1.3.4.5. Blanqueado**

Destinado a la eliminación parcial de los productos detergentes y alcalinos del agua sucia.

##### **1.1.3.4.6. Enjuague final**

Eliminar detergente y blanqueador de las prendas, y descenso de la temperatura del proceso de lavado.

#### **1.1.4. Aspectos importantes del lavado <sup>[3]</sup>**

##### **1.1.4.1. Tiempo**

El control del tiempo nos permite combinar:

- Una acción mecánica adecuada, y
- Un proceso químico adecuado

##### **1.1.4.2. Temperatura**

El control de la temperatura nos permite:

- Solubilizar grasas
- Incrementar el poder de los químicos
- Desinfectar
- Agilizar los procesos
- Utilizar dosis más económicas

##### **1.1.4.3. Acción mecánica**

A través de la acción mecánica se logra:

- Expandir la fibra
- Mantener homogénea la solución
- Reducir tiempo de proceso
- Remover partículas insolubles

##### **1.1.4.4. Acción química**

Esta se logra a través de:

- Alcalinos
- Detergentes
- Blanqueadores

- Neutralizadores
- Suavizantes
- Desinfectantes

#### **1.1.5. Secado** <sup>[3]</sup>

En esta etapa se debe clasificar la ropa según:

- El tipo de fibra
- El grado de humedad

#### **1.1.6. Planchado** <sup>[3]</sup>

La planchadora de rodillo solo debe usarse para ropa plana. El resto de la ropa debe plancharse a mano o en planchadores de forma.

#### **1.1.7. Doblado** <sup>[3]</sup>

En esta etapa se debe clasificar la ropa por el tipo de prenda. Por ejemplo: toallas, uniformes, etc.

### **1.2. Partes que conforman una lavadora de ropa electromecánica**

En este capítulo se especificarán las partes electromecánicas que componen la lavadora de ropa (figura 1.3), además se señalarán los elementos que serán reemplazados.



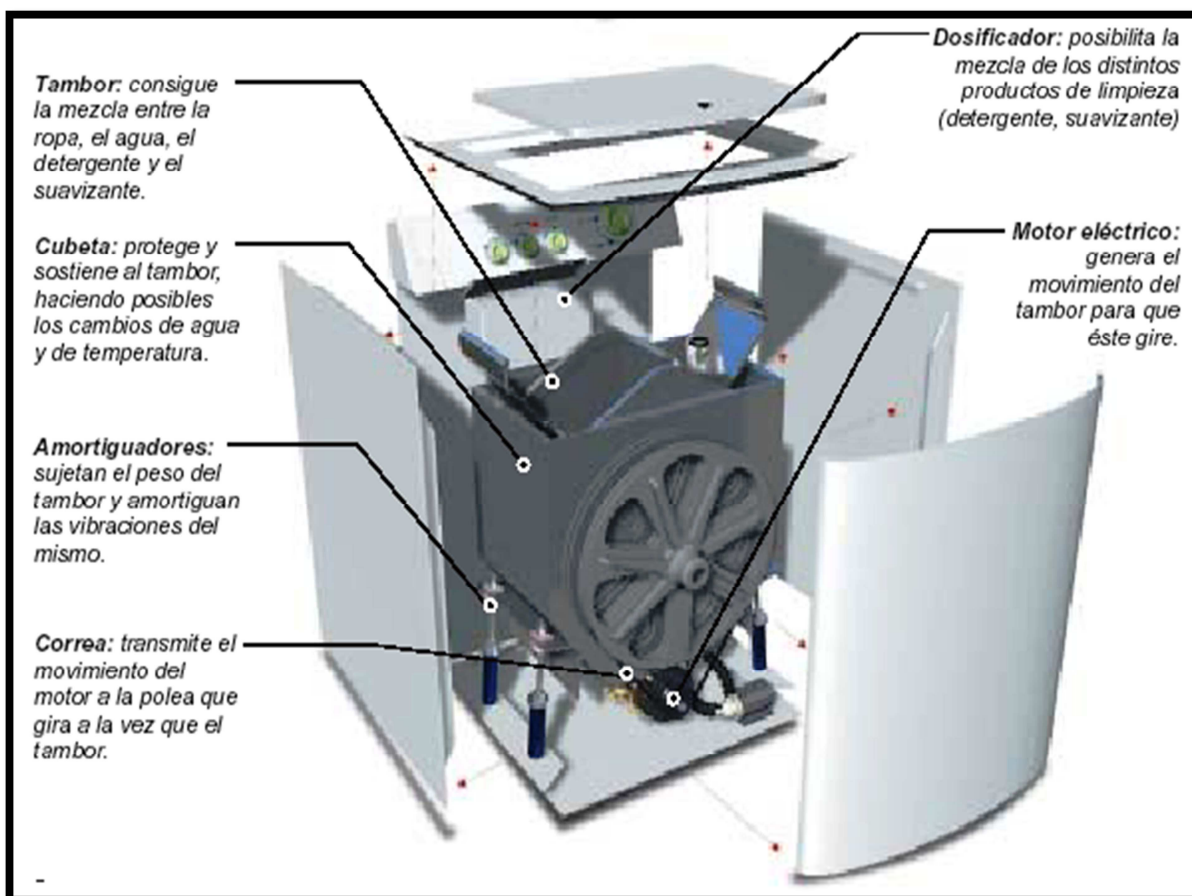


Fig. 1.3 Partes de una lavadora de ropa

### 1.2.1. Programador

Una de las piezas más importantes es el programador, es el cerebro de toda lavadora. Se trata de un pequeño motor síncrono que mueve una serie de levas según un programa preestablecido, y éstas a su vez van cerrando o abriendo una serie de contactos los cuales varían a lo largo del tiempo de funcionamiento del programa de lavado antes establecido, accionando los diferentes elementos para el lavado.

El cerebro se encarga de coordinar el funcionamiento de los distintos elementos de los que se compone la lavadora, como la electroválvula, el grupo motor-bomba, el detector de nivel y el motor de lavado-centrifugado.

La capacidad se mide según los kilos de ropa que la lavadora puede lavar. Existen en el mercado modelos con capacidades que oscilan entre 15, 16 y los 17 kilos, el modelo de lavadora que vamos a recuperar es de 16 kilos.

#### **1.2.1.1. Variables que controla el programador**

Básicamente las variables que va a controlar en la lavadora son:

- La temperatura de agua en el interior de la lavadora que son preseleccionadas por un selector, el mismo que acciona los solenoides ya sea de agua fría o agua caliente de la electroválvula.
- Los ciclos de lavado que dependen del programa seleccionado por el usuario, los mismos que automáticamente definen los tiempos de las diferentes etapas del proceso, los cuales son: agitado, remojo, lavado, enjuague y centrifugado.

#### **1.2.2. La electroválvula.** <sup>[4]</sup>

Una electroválvula es una válvula electromecánica, diseñada para controlar el flujo de un fluido a través de un conducto como puede ser una tubería. La válvula está controlada por una corriente eléctrica que circula por una bobina sinusoidal.

##### **1.2.2.1. Partes y Funcionamiento**

Una electroválvula tiene dos partes fundamentales: el solenoide y la válvula. El solenoide convierte energía eléctrica en energía mecánica para accionar la válvula.

Existen varios tipos de electroválvulas. En algunas electroválvulas el solenoide actúa directamente sobre la válvula proporcionando toda la energía necesaria para su movimiento. Es normal que la válvula se mantenga cerrada por la acción de un muelle y que el solenoide la abra venciendo la fuerza del muelle. Esto quiere decir que el solenoide debe estar activado y consumiendo energía mientras la válvula deba estar abierta.

También es posible construir electroválvulas biestables que usan un solenoide para abrir la válvula y otro para cerrar o bien un solo solenoide que abre con un pulso y cierra con el siguiente.

Las electroválvulas pueden ser *cerradas en reposo* o *normalmente cerradas* lo cual quiere decir que cuando falla la alimentación eléctrica quedan cerradas o bien pueden ser del tipo *abiertas en reposo* o *normalmente abiertas* que quedan abiertas cuando no hay alimentación.

En otro tipo de electroválvula el solenoide no controla la válvula directamente sino que el solenoide controla una válvula piloto secundaria y la energía para la actuación de la válvula principal la suministra la presión del propio fluido.

Este tipo de válvula depende para su funcionamiento de que haya mayor presión a la entrada que a la salida y que si se invierte esta situación entonces la válvula abre sin que el solenoide pueda controlarla.

Este tipo de válvulas se utilizan muy comúnmente en lavadoras, lavaplatos, riegos y otros usos similares.

Un caso especialmente interesante del uso de estas válvulas es en los calentadores de agua de depósito. En los calentadores de agua de demanda, el agua se calienta según va pasando por el calentador en el momento del consumo y es la propia presión del agua la que abre la válvula del gas pero en los

calentadores de depósito esto no es posible ya que el agua se calienta mientras está almacenada en un depósito y no hay circulación. Para evitar la necesidad de suministrar energía eléctrica la válvula del gas es una válvula de este tipo con la válvula piloto controlada por un diminuto solenoide al que suministra energía un termopar bimetálico que saca energía del calor del agua.

Las electroválvulas también se usan mucho en la industria para controlar el flujo de todo tipo de fluidos.

Una electroválvula tiene dos partes fundamentales: el solenoide y la válvula. El solenoide convierte la energía eléctrica suministrada en energía magnética y esta a su vez la transforma en mecánica para actuar la válvula.

Existen varios tipos de electroválvulas. En algunas electroválvulas el solenoide actúa directamente sobre la válvula proporcionando toda la energía necesaria para su movimiento. Es corriente que la válvula se mantenga cerrada por la acción de un muelle y que el solenoide la abra venciendo la fuerza del muelle. Esto quiere decir que el solenoide debe estar activado y consumiendo energía mientras la válvula deba estar abierta.

Las electroválvulas que se utilizan en nuestra lavadora son dos dispositivos mediante los cuales se llena de agua la lavadora, la primera electroválvula controla el flujo de agua fría que viene de la red y la segunda electroválvula controla el flujo de agua caliente la cual viene también de una red suministrada por un sistema que calienta externamente el agua, para nuestro caso se utiliza una red que viene de un calefón para controlar el agua tibia se utiliza un mezclador que viene incorporado en el dispositivo propio de la lavadora, como se muestra en la figura 1.4.

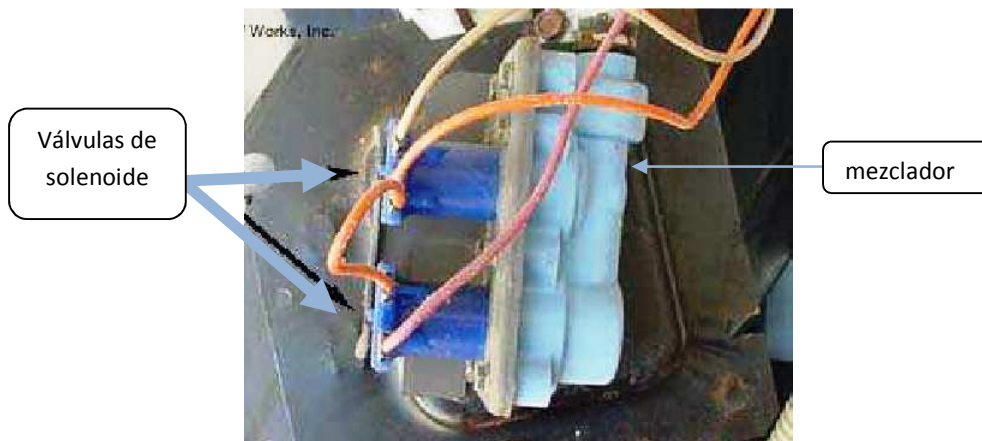


Fig. 1.4 Partes de una electroválvula

Este dispositivo funciona mediante la bobina de un electroimán la cual activa una membrana que abre el paso o corta el caudal de agua. Cuando el paso de agua a la lavadora queda abierto se admite un caudal que depende de la presión del agua de la red de suministro.

### 1.2.3. Motor eléctrico monofásico. [5]

Los motores monofásicos, como su propio nombre indica son motores con un solo devanado en el estator, que es el devanado inductor. Prácticamente todas las realizaciones de este tipo de motores son con el rotor en jaula de ardilla. Suelen tener potencias menores de 1KW, aunque hay notables excepciones como los motores de los aires acondicionados con potencias superiores a 10KW.

Se utilizan fundamentalmente en electrodomésticos, bombas y ventiladores de pequeña potencia, pequeñas máquinas-herramientas, en equipos de acondicionado, entre otros.

Se pueden alimentar entre una fase y el neutro o entre dos fases. No presentan los problemas de excesiva corriente de arranque como en el caso de los motores

trifásicos de gran potencia, debido a su pequeña potencia, por tanto todos ellos utilizan el arranque directo.

Presentan los siguientes inconvenientes:

- Se caracterizan por sufrir vibraciones debido a que la potencia instantánea absorbida por cargas monofásicas es pulsante de frecuencia doble que la de la red de alimentación.

- "*No arrancan solos*", debido a que el par de arranque es cero. Para explicar esta última afirmación recordemos la expresión general del campo magnético en el entrehierro generado por una corriente monofásica.

Sea:

$$i = I_0 \cdot \cos(\omega_I \cdot t) \quad (1)$$

La corriente que circula por el inductor, el campo que genera tiene la forma:

$$B = K \cdot i \cdot \cos(P\theta) \quad (2)$$

Donde P es el número de pares de polos de la máquina.

Sustituyendo la corriente por su valor:

$$B = K \cdot I_0 \cdot \cos(\omega_I \cdot t) \cdot \cos(P\theta) \quad (3)$$

Si desarrollamos este producto de cosenos llegamos a la expresión siguiente:

$$B = [K \cdot I_0/2] \cdot \cos(\omega_I \cdot t + P\theta) + [K \cdot I_0/2] \cdot \cos(P\theta - \omega_I \cdot t) \quad (4)$$

Que no es más que la expresión de dos campos giratorios de la misma amplitud (que es constante) de valor  $[K \cdot I_0/2]$ , de la misma velocidad de giro,  $\omega_s = \omega_I/P$ ;

pero de sentidos opuestos. Por tanto, el par desarrollado por este campo, tiene una curva par-velocidad mostrada en la figura 1.5 de la forma:

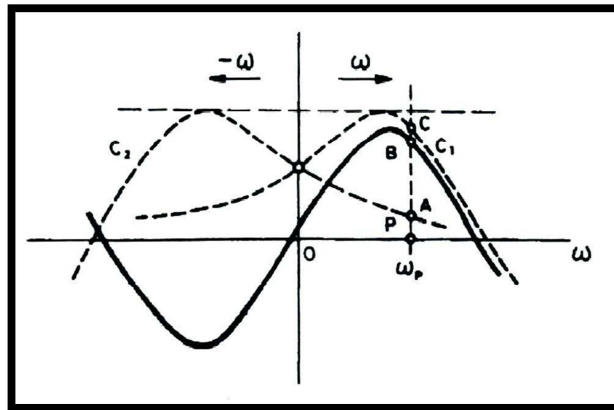


Fig. 1.5 Curva par-velocidad

En la que se observa cómo el par de arranque vale cero. Si provocamos un desequilibrio en el momento del arranque, es decir, si  $\omega \neq 0$ , el motor comenzará a girar en uno u otro sentido, en función de cuál sea el desequilibrio aplicado.

Los sistemas ideados para el arranque de los motores asíncronos monofásicos se basan por tanto en provocar un desequilibrio entre los pares antagonistas que generan ambos campos magnéticos. Las principales realizaciones se basan en cambiar, al menos durante el arranque, el motor monofásico por un bifásico (que "arranca sólo"). Un motor bifásico tiene dos devanados en el estator, desplazados  $\pi/2$ .P. Las principales realizaciones de motores monofásicos utilizando esta técnica son:

1. Motores de arranque por condensador
2. Motores de fase partida

### 1.2.3.1. Motores de arranque por condensador

Son técnicamente mejores que los motores de fase partida. También disponen de dos devanados, uno auxiliar y otro principal. Sobre el devanado auxiliar se coloca un condensador en serie, que tiene como función el de aumentar el par de arranque, entre 2 y 4 veces el par normal. Como se sabe, el condensador desfasa la fase afectada en  $90^\circ$ , lo cual quiere decir, que el campo magnético generado por el devanado auxiliar se adelanta  $90^\circ$  respecto al campo magnético generado por el devanado principal. Gracias a esto, el factor de potencia en el momento del arranque, está próximo al 100%, pues la reactancia capacitiva del condensador ( $X_C$ ) anula la reactancia inductiva del bobinado ( $x_L$ ).

Por lo demás, se consideran igual que los motores de fase partida, en cuanto a cambio de giro, etc. Lo único importante que debemos saber, es que con un condensador en serie se mejora el arranque.

### 1.2.3.2. Motores de fase partida. <sup>[6]</sup>

El estator de un motor de fase partida requiere de la presencia de dos devanados (de marcha y de arranque) conectados eléctricamente en paralelo, desplazados espacialmente 90 grados mecánicos y algo menos de 90 grados eléctricos en el tiempo. Estos devanados son los que permiten el arranque del motor, sacándolo del punto muerto mediante la formación de un campo magnético bifásico no pulsante. El rotor, al igual que para la mayoría de los motores trifásicos de inducción, es una jaula de ardilla.

Para el caso que nos ocupa, el devanado de arranque tiene menos número de espiras de alambre fino, por lo que su resistencia es elevada y su reactancia resulta reducida. El devanado de marcha, por lo contrario, tiene muchas espiras de alambre mucho más grueso, siendo su resistencia mucho más baja y su reactancia más elevada, es decir, que ante un voltaje referencial, las corrientes



que circulan por cada uno de los dos devanados no estarán en fase por las marcadas diferencias en los aspectos constructivos. Por el devanado de marcha siempre tiende a circular una corriente de mayor magnitud que aquella que circula por el devanado de arranque. Sin embargo, dado el desfase existente entre ambas corrientes y dado el desfase espacial de los dos devanados, al conectar el motor, realmente se generará un campo magnético bifásico que permitirá el desarrollo de un torque de arranque resultante no nulo, esto ocasiona que el motor parta del reposo. El sentido de aceleración siempre será el mismo sentido en que gire el campo magnético giratorio producido por ambas corrientes, de tal forma que, este tipo de motor es considerado como no reversible pero sí inversible (requiere desconexión total de la fuente y acciones conectivas).

Con el fin de poder desconectar el devanado de arranque, después de cumplida su función, se ha ideado un interruptor de acción mecánica, cuyo estado cambia por la acción de la fuerza centrífuga. Al arrancar el motor este interruptor debe abrirse más o menos cuando el deslizamiento ( $s$ ) haya alcanzado el valor del 25%.

Naturalmente que el interruptor permanece cerrado durante el reposo y se abre después de haber alcanzado un 75% ( $s= 0.25$ ) de la velocidad nominal por dos razones, a saber: el torque desarrollado por el campo giratorio en el devanado de marcha es mayor que el torque desarrollado por ambos devanados a un valor de  $s$  del 15% y por lo tanto, los dos devanados nunca deben permanecer conectados al alcanzar el motor el 85% de la velocidad nominal, al quedar conectado sólo el devanado de marcha, la corriente total que durante el arranque es igual a la suma fasorial de las dos corrientes, se ve reducida a la corriente circulando únicamente por el devanado de marcha, por lo que, las pérdidas por efecto Joule se verán reducidas. Este interruptor puede ser sustituido por interruptor de estado sólido (triac) o por un relevador de contactos magnéticos.

Si al arrancar el motor, el interruptor no se abre, el excesivo calor generado por la alta resistencia del devanado de arranque hará que la temperatura del estator

amente, pudiendo llegar a quemarse sus devanados. Tal y como ya se afirmó, una vez que el motor acelera y alcanza el 75% de su velocidad nominal, el interruptor se abre, de tal forma que la corriente tomada de la red disminuye drásticamente, pudiendo comprobarse el funcionamiento normal del interruptor hasta con una pinza o gancho amperimétrico.

En esta lavadora el motor principal es de fase partida como se muestra en la figura 1.6 ya que su precio es menor al de condensador de arranque, además el motor de condensador de arranque requiere más mantenimiento ya que el condensador después de un tiempo pierde sus características dejando deshabilitado al motor y requiriendo un cambio inmediato.

Este motor está situado en la parte inferior de la caja y recibe energía eléctrica para transmitir movimiento al tambor para que este gire.



Fig. 1.6 Motor de fase partida

#### 1.2.4. Tambor. <sup>[7]</sup>

Es aquí donde se introduce la ropa. Es un cilindro de metal con numerosos agujeros para que fluya el agua, muy pequeña para evitar que la ropa se salga por

ellos. Es totalmente hueco. En realidad no es cilíndrico ya que de base a base tiene triángulos rebajados en sus puntas para que la ropa gire mejor con el tambor.

#### 1.2.4.1. Tipos de tambor de lavadoras. <sup>[8]</sup>

Las lavadoras tienen diferentes tambores según el modelo. El tipo de tambor influye en el resultado de la lavada.

Las lavadoras parecen todas iguales, pero no lo son. El tambor, ese lugar en el que introducimos la ropa, puede tener diferentes características y es importante saber las diferencias entre uno y otro. Además de saber si ayudan al ahorro y al cuidado de nuestra ropa, podremos saber si el precio de una lavadora es o no justificado.

- Existe el tambor diamante, llamado así por la forma de sus orificios. Son más pequeños que otros tambores y evitan que las prendas se enganchen o sobresalgan. También tiene un relieve que emula a las tablas de lavar como se muestra en la figura 1.7. Por muy antiguo que suene esto, beneficia a la ropa porque disminuye la superficie que entra en contacto con el tambor, protegiéndola de componentes que pueden dañar la lavada.

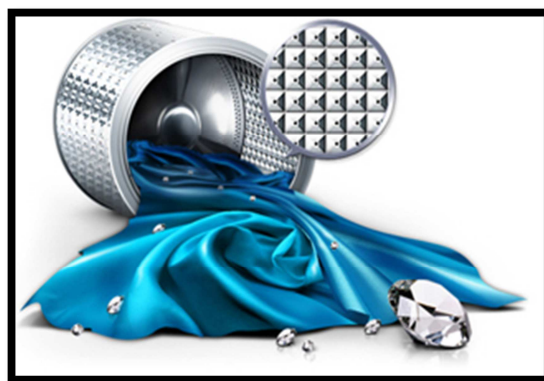


Fig. 1.7 Tambor diamante

- El otro tipo de tambor en las lavadoras es el tambor panal de abeja. Se trata de un sistema patentado por Miele en acero inoxidable que crea una bolsa de aire entre la ropa y la superficie del tambor. Tiene una curvatura convexa que hace que succione la carga y se quede suspendida en el aire durante un momento en cada vuelta como se muestra en la figura 1.8. Así está más tiempo en contacto con el aire caliente y se seca mejor. El control de este tipo de tambor se denomina Softtronic.



Fig. 1.8 Tambor panal de abeja

#### 1.2.4.2. Material del tambor

El material del que está hecho el tambor de la lavadora también es importante. Hay que tenerlo en cuenta, sobre todo, para cuidar la ropa que lavamos. Aunque los tambores suelen ser de acero, pueden ir revestidos de porcelana o de plástico.

El tambor revestido de porcelana es muy común y además de larga duración, pero con el tiempo, la capa de porcelana se acaba astillando y puede dañar tanto las prendas como la propia lavadora.

Si está revestido de plástico, durará mucho más tiempo porque es un material que no se deteriora. Sin embargo, el mejor material que se utiliza en las lavadoras de alta gama es el acero inoxidable como se indica en la figura 1.9 no necesita recubrimiento y al ser inoxidable, mantiene la lavada aislada de posibles bacterias causadas por la humedad.

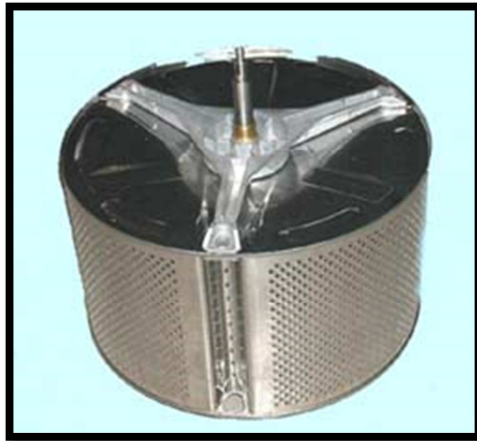


Fig. 1.9 Tambor de acero inoxidable

#### 1.2.5. Cubeta. [7]

Es un cilindro que rodea al tambor y está perforado igual que este, según el tipo de carga de la lavadora como se muestra en la figura 1.10. Lógicamente es de mayor tamaño que el tambor.



Fig. 1.10 Cubeta

### 1.2.6. Carter del tambor

Es una pieza con forma de escuadra que sujeta el eje del tambor la cubeta a los laterales de la caja. En su base se encuentran los amortiguadores como se ve en la figura 1.11.



Fig. 1.11 Carter del tambor

### 1.2.7. Amortiguadores

Son unos muelles que soportan el peso de la cubeta y el tambor. Permiten reducir el sonido y el movimiento o balanceo de la lavadora como se muestra en la figura 1.12.



Fig. 1.12 Amortiguador

### 1.2.8. Entradas de agua

Son tuberías de agua caliente y fría que conducen hasta un depósito donde se encuentra la resistencia gobernada por el microprocesador que pone el agua a la temperatura deseada como se indica en la figura 1.13.



Fig. 1.13 Mangueras de entrada de agua

### 1.2.9. Filtro

Se encuentra situado en el tubo de desagüe y se encarga de retener objetos que puedan obstruir los conductos (figura 1.14). Suele ser extraíble.



Fig. 1.14 Filtro

### 1.2.10. Depósitos de detergentes

Suele encontrarse en la parte superior izquierda de la lavadora como se indica en la figura 1.15. Tiene varios compartimentos para los diferentes detergentes, suavizantes, etc.



Fig. 1.15 Deposito de detergentes

### 1.2.11. Correa

La correa (figura 1.16), se encarga de conectar el tambor con el motor cuando no lo hacen directamente.



Fig. 1.16 Correa de la lavadora

### 1.2.12. Bloqueo para niños

Evita que los niños manipulen la programación de la lavadora y puedan causar desperfectos en la ropa o daños a la lavadora, se muestra en la figura 1.17.





Fig. 1.17 Bloqueo para niños

### 1.2.13. Medidor de tiempo.<sup>[9]</sup>

El cerebro de las lavadoras de ropa es el medidor de tiempo, cuya presentación típica se presenta en la figura 1.18.



Fig. 1.18 Medidor de tiempo

Este dispositivo electromecánico toma su energía de un pequeño motor eléctrico. Como un reloj, el pequeño motor da vueltas a una serie de engranajes para mover las levas que activan a los interruptores, con ello, controla las diferentes funciones de lavar, girar y enjuagar, que hacen el proceso total de lavado, en las figuras 1.19 y 1.20 se muestra el medidor de tiempo en su parte interior, aquí se pueden ver tanto el motor como los contactos eléctricos y el sistema de levas.

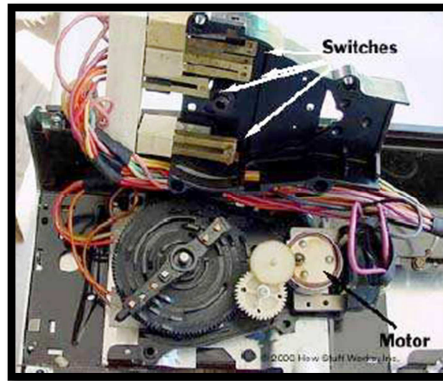


Fig. 1.19 Motor e Interruptores

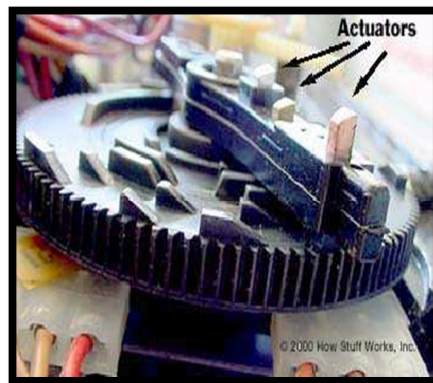


Fig. 1.20 Sistema de levas

## CAPÍTULO 2

### DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS ELEMENTOS A USARSE EN EL SISTEMA ELECTRÓNICO DE CONTROL Y MANDO DE LA LAVADORA

#### 2.1. Microcontroladores. <sup>[10]</sup>

##### 2.1.1. Introducción

El microcontrolador es un circuito integrado de muy alta escala de integración que contiene las partes funcionales de un computador:

- CPU (Central Processor Unit o Unidad de Procesamiento Central)
- Memorias volátiles (RAM), para datos
- Memorias no volátiles( ROM, PROM, EPROM) para escribir el programa
- Líneas de entrada y salida para comunicarse con el mundo exterior.
- Algunos periféricos (comunicación serial, temporizador, convertidor A/D, etc.)

Es decir el microcontrolador es un computador integrado en un solo chip. Integrar todos estos elementos en un solo circuito integrado ha significado desarrollar aplicaciones importantes en la industria al economizar materiales, tiempo y espacio.

##### 2.1.1.1. Aplicaciones de un microcontrolador

Las aplicaciones de un microcontrolador son tan inmensas que el límite es la propia imaginación del usuario. Estos microcontroladores están en el auto, en el televisor, en el teléfono, en una impresora, en un horno de microondas, en un transbordador espacial, en un juguete, etc. Algunas fuentes estiman que en una casa típica de E.U se tiene alrededor de 250 microcontroladores.

Los siguientes son algunos campos en los que los microcontroladores tienen gran uso:

- En la industria del automóvil: Control de motor, alarmas, regulador del servofreno, dosificador, etc.
- En la industria de los electrodomésticos: control de calefacciones, lavadoras, cocinas eléctricas, etc.
- En informática: como controlador de periféricos. Por ejemplo para controlar impresoras, plotters, cámaras, scanner, unidades de disco, teclados, comunicaciones (módems), etc.
- En la industria de imagen y sonido: tratamiento de la imagen y sonido, control de los motores de arrastre del giradiscos, magnetófono, video, etc.

#### **2.1.1.2. En la industria, en general se utilizan en:**

**2.1.1.2.1. Regulación:** todas las familias de microcontroladores incorporan en alguna de sus versiones conversores A/D y D/A, para la regulación de la velocidad de las máquinas, de niveles, de temperatura, etc.

**2.1.1.2.2. Automatismos:** La enorme cantidad de líneas de entrada y salidas, y su inmunidad al ruido le hacen muy valioso para el control secuencial de procesos. Por ejemplo control de máquinas, herramientas, apertura y cierre automático de puertas según condiciones, plantas empaquetadoras, aparatos de maniobra de ascensores, etc.

**2.1.1.2.3. Robótica:** para control de los motores y captura de señales de los diferentes sensores, fabricación de controladores robóticos para sistemas automáticos, etc.

#### **2.1.1.3. Instrumentos portátiles compactos:**

- Radio paginador numérico (beeper)
- Planímetro electrónico

- Nivelímetro digital
- Identificador-probador de circuitos integrados
- Tacómetro digital
- Panel frontal de un osciloscopio
- Controlador de display LCD
- Analizador de espectros, etc.

#### **2.1.1.4. Dispositivos autónomos:**

- Fotocopiadoras
- Máquinas de escribir
- Selector, codificador, decodificador de TV
- Localizador de peces
- Teléfonos de tarjeta
- Teléfonos celulares
- Cerraduras electrónicas
- Sistemas de seguridad

Se emplea también en medicina, en aplicaciones militares, edificios inteligentes, etc.

#### **2.1.2. Principales fabricantes**

Por lo general los fabricantes de microprocesadores lo son de microcontroladores. Los fabricantes de microcontroladores son más de 50, podemos mencionar a:

- Atmel
- Motorola
- Intel
- Microchip
- NEC

- Hitachi
- Mitsibishi
- Philips
- Matsushita
- Toshiba
- AT&T
- Zilog
- Siemens
- National Semiconductor

### **2.1.3. Aparición y desarrollo de los microcontroladores**

#### **2.1.3.1. Breve reseña histórica.**

La siguiente es una lista cronológica de los eventos tecnológicos más recientes que han tenido impacto sobre la aparición y el desarrollo del campo de los microcontroladores en la electrónica digital.

1971: Intel fabrica el primer microprocesador (el 4004) de tecnología PMOS. Este era un microprocesador de 4 bits y fue fabricado por Intel a petición de Datapoint Corporation con el objeto de sustituir la CPU de terminales inteligentes fabricadas en esa fecha por Datapoint mediante circuitería discreta. El dispositivo fabricado por Intel resultó 10 veces más lento de lo requerido y Datapoint no lo compró, de esta manera Intel comenzó a comercializarlo. El 4004 podía direccionar sólo 4096 (4k) posiciones de memoria de 4 bits, reconocía 45 instrucciones y podía ejecutar una instrucción en 20µseg en promedio.

1972: Las aplicaciones del 4004 estaban muy limitadas por su reducida capacidad y rápidamente Intel desarrolló una versión más poderosa (el 8008), el cual podía manipular bytes completos, por lo cual fue un microprocesador de 8 bits. La

memoria que este podía manejar se incrementó a 16 Kbyte, sin embargo, la velocidad de operación continuó igual.

1973: Intel lanza al mercado el 8080 el primer microprocesador de tecnología NMOS, lo cual permite superar la velocidad de su predecesor (el 8008) por un factor de diez, es decir, el 8080 puede realizar 500000 operaciones por segundo, además se incrementó la capacidad de direccionamiento de memoria a 64 kbytes.

A partir del 8080 de Intel se produjo una revolución en el diseño de microcomputadoras y varias compañías fabricantes de circuitos integrados comenzaron a producir microprocesadores. Algunos ejemplos de los primeros microprocesadores son: el IMP-4 y el SC/MP de National Semiconductors, el PPS-4 y PPS-8 de Rockwell International, el MC6800 de Motorola, el F-8 de Fairchild.

1975: Zilog lanza al mercado el Z80, uno de los microprocesadores de 8 bits más poderosos. En ese mismo año, Motorola reduce sus costos con sus microprocesadores 6501 y 6502 (este último adoptado por APPLE para su primera microcomputadora personal) estos microprocesadores se comercializan en \$20 y \$25 (dls.USA) respectivamente.

Esto provoca un auge en el mercado de microcomputadoras de uso doméstico y un caos en la proliferación de lenguajes, sistemas operativos y programas (ningún producto era compatible con el de otro fabricante).

1976: Surgen las primeras microcomputadoras de un solo chip, que más tarde se denominarán microcontroladores. Dos de los primeros microcontroladores, son el 8048 de Intel y el 6805R2 de Motorola.

198x: En la década de los 80's comienza la ruptura entre la evolución tecnológica de los microprocesadores y la de los microcontroladores, ya que los primeros han ido incorporando cada vez más y mejores capacidades para las aplicaciones en

donde se requiere el manejo de grandes volúmenes de información y por otro lado, los segundos han incorporado más capacidades que les permiten la interacción con el mundo físico en tiempo real, además de mejores desempeños en ambientes de tipo industrial.

#### 2.1.4. Arquitectura de un microcontrolador

Según la arquitectura interna de la memoria de un microcontrolador se puede clasificar considerando como el CPU accede a los datos e instrucciones, en 2 tipos:

##### 2.1.4.1. Arquitectura Von Neumann

Fue desarrollada por Von Neumann figura 2.1, se caracteriza por tener una sola memoria principal donde se almacenan datos e instrucciones de forma indistinta.

La CPU se conecta a través de un sistema de buses (direcciones, datos y control).

Esta arquitectura es limitada cuando se demanda rapidez.

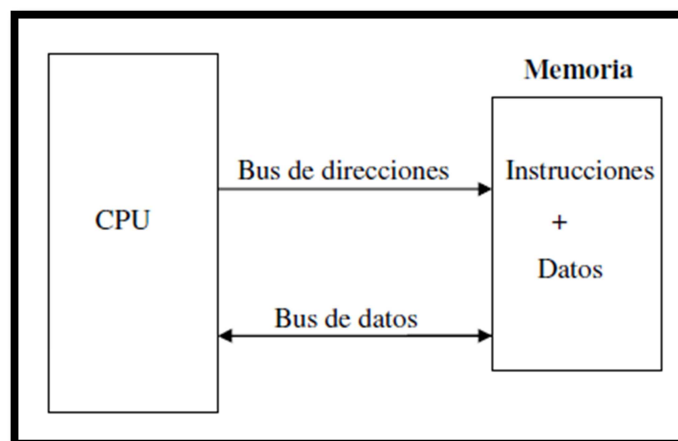


Fig. 2.1 Arquitectura Von Neumann



### 2.1.4.2. Arquitectura Harvard

Fue desarrollado en Harvard figura 2.2, por Howard Aiken, esta arquitectura se caracteriza por tener 2 memorias independientes una que contiene sólo instrucciones y otra, que contiene sólo datos. Ambas, disponen de sus respectivos sistemas de buses para el acceso y es posible realizar operaciones de acceso simultáneamente en ambas memorias.

Existe una variante de esta arquitectura que permite el acceso a la tabla de datos desde la memoria de programas es la Arquitectura de Harvard Modificada. Esta última arquitectura es la dominante en los microcontroladores actuales ya que la memoria de programas es usualmente ROM, OTP, EPROM o FLASH, mientras que la memoria de datos es usualmente RAM. Por ejemplo las tablas de datos pueden estar en la memoria de programa sin que sean perdidas cada vez que el sistema es apagado.

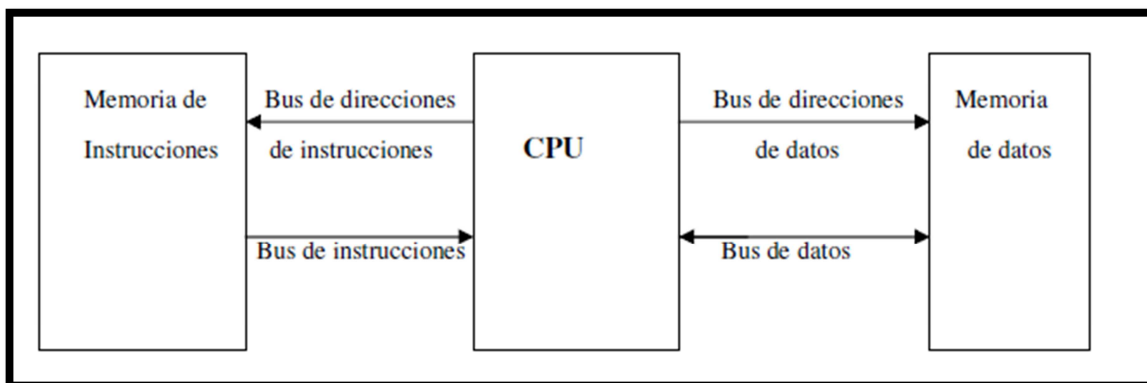


Fig. 2.2 Arquitectura de Harvard

Se puede observar claramente que las principales ventajas de esta arquitectura son:

1. El tamaño de las instrucciones no está relacionado con el de los datos, y por lo tanto puede ser optimizado para que cualquier instrucción ocupe una

sola posición de memoria de programa, logrando así mayor velocidad y menor longitud de programa.

2. El tiempo de acceso a las instrucciones puede superponerse con el de los datos, logrando una mayor velocidad de operación.

### 2.1.5. Tipos de memoria

**2.1.5.1. Memoria RAM:** (Random Access Memory) Memoria de Acceso Aleatorio) en esta memoria se guarda los datos que se está utilizando en el momento presente. El almacenamiento es considerado temporal por que los datos permanecen en ella mientras la memoria tiene una fuente de alimentación. La memoria de programas o de instrucciones contiene una serie de diferentes tipos de memoria:

**2.1.5.2. Memoria ROM:** con máscara y es de solo lectura, cuyo contenido se graba durante la fabricación del chip. Es aconsejable cuando se precisan cantidades superiores a varios miles de unidades.

**2.1.5.3. Memoria OTP:** (One Line Programmable) es no volátil y de solo lectura y programable una sola vez por el usuario. La grabación se realiza mediante un sencillo grabador controlado por una PC.

**2.1.5.4. Memoria EPROM:** (*Erasable Programmable Read Only Memory*), pueden borrarse y grabarse muchas veces. La grabación se realiza, como en el caso de la memoria OTP. Si, posteriormente, se desea borrar el contenido, disponen de una ventana de cristal en su superficie por la que se somete a le EPROM a rayos ultravioleta por algunos minutos.

**2.1.5.5. Memoria EEPROM:** (*Electrical EPROM*) es de sólo lectura, programable y borrrable eléctricamente. Tanto la programación como el borrado, se realizan eléctricamente desde el propio grabador y bajo el control programado de un PC, y puede hacerse con el microcontrolador instalado en el circuito. Es muy cómoda y rápida la operación de grabado y la de borrado.

**2.1.5.6. Memoria Flash:** la memoria Flash es no volátil, de bajo consumo y puede grabarse y borrarse eléctricamente. Funciona como una ROM y una RAM pero consume menos energía y es más pequeña. La memoria Flash también puede programarse “en circuito”, es decir, sin tener que sacar el circuito integrado de la tarjeta. Además, es más rápida, tiene mayor densidad y tolera más ciclos de escritura/borrado que la EEPROM.

### **2.1.6. Criterios para seleccionar un microcontrolador**

Sin duda la elección del microcontrolador dependerá de la tarea o proyecto que se tiene en mente pues los fabricantes como se mencionó anteriormente son más de 50, estos tienen muchos modelos enfocados a tareas específicas. Esta selección deberá ir de la mano con factores económicos óptimos así como de la idea del controlador incrustado (*embedded controller*), el cual es un controlador dedicado a una sola tarea e incorporado al sistema que gobierna.

Antes de seleccionar un microcontrolador es imprescindible analizar los requisitos de la aplicación:

#### **2.1.6.1. Procesamiento de datos.**

Cuando se desea realizar cálculos complejos en un tiempo limitado, se debe seleccionar un microcontrolador suficientemente rápido para ello.

Por otro lado, habrá que tener en cuenta la precisión de los datos a manejar: si no es suficiente con un microcontrolador de 8 bits, puede ser necesario acudir a microcontroladores de 16 ó 32 bits, o incluso a hardware de coma flotante.

Una alternativa más barata y quizá suficiente es usar librerías para manejar los datos de alta precisión.

#### **2.1.6.2. Entrada / Salida.**

Se debe identificar la cantidad y tipo de señales a controlar. Una vez realizado este análisis puede ser necesario añadir periféricos externos o cambiar a otro microcontrolador más adecuado a ese sistema.

#### **2.1.6.3. Consumo.**

Algunos productos que incorporan microcontroladores están alimentados con baterías, puede ser que el microcontrolador esté trabajando en estado de bajo consumo pero debe “despertar” ante la activación de una señal (por ejemplo una interrupción) y ejecutar el programa adecuadamente.

#### **2.1.6.4. Memoria.**

Para detectar las necesidades de memoria de una aplicación debemos saber la cantidad y el tipo de memoria necesaria para esto se debe tener una versión preliminar (pseudo-código) de la aplicación y escoger el microcontrolador apropiado.

#### **2.1.6.5. Ancho de palabra.**

El criterio de diseño debe ser seleccionar el microcontrolador de menor ancho de palabra que satisfaga los requerimientos de la aplicación. Usar un

microcontrolador de 4 bits supondrá reducir los costos, mientras que uno de 8 bits puede ser el más adecuado si el ancho de los datos es de un byte. Los microcontroladores de 16 y 32 bits, debido a su elevado costo, deben reservarse para aplicaciones que requieran altas prestaciones (Entrada/Salida grande o espacio de direccionamiento muy elevado).

#### **2.1.6.6. Diseño de la placa.**

La selección de un microcontrolador concreto condicionará el diseño de la placa de circuitos impresos.

### **2.1.7. El microcontrolador ATMEL AVR**

#### **2.1.7.1. Introducción**

ATMEL fabrica los microcontroladores de la familia AVR, esta nueva tecnología proporciona todos los beneficios habituales de arquitectura RISC y memoria flash reprogramable eléctricamente. Las características que identifican a estos microcontroladores de ATMEL es la memoria flash y eeprom que incorporan. AVR compete con varias familias de microcontroladores bien establecidas en el mercado, tales como 8051 de Intel, 68HC11 de Motorola y la familia PIC de Microchip. La firma también produce y vende varios subproductos de la popular familia 8051 con la diferencia de que están basados en la memoria flash.

El diseño AVR de ATMEL difiere de los demás microcontroladores de 8 bits por tener mayor cantidad de registros (32) y un conjunto ortogonal de instrucciones.

AVR es mucho más moderna que su competencia. Por ejemplo, los 8051, 6805 y los PIC, se los arreglan con un único acumulador, los 658HC11 y 68HC12 tienen simplemente 2. Esto hace que la arquitectura AVR sea más fácil de programar a

nivel de lenguaje ensamblador y que sea fácil de optimizar con un compilador. El gran conjunto de registros disminuye la dependencia respecto a la memoria, lo cual mejora la velocidad y disminuye las necesidades de almacenamiento de datos. Además casi todas las instrucciones se ejecutan en 1 ó 2 ciclos de reloj versus 5-10 ciclos de reloj para los chips 8051, 6805, 68HC11 y PIC.

Las familias AVR rápidamente han crecido en el mercado y se dispone de las siguientes categorías:

- TINY AVR: son microcontroladores de propósito general con memoria flash hasta 2 Kbyte y 128 bytes de memorias SRAM y EEPROM.
- AVR: Microcontroladores de propósito general con 8 Kbyte de memoria flash y 512 bytes de memoria SRAM y EEPROM.
- Mega AVR: Memoria flash hasta 256 Kbyte, 4 Kbyte de memoria EEPROM y SRAM

Los tipos de encapsulado del microcontrolador del Atmega presenta desde 28 pines hasta 100 pines en la forma de DIP, TQFP y MLF y su voltaje de alimentación está en el rango de 1.8 a 5.5 voltios. Se presenta en la tabla 2.1 sus características principales.

Product	Flash (KB)	EEPROM (Bytes)	RAM (Bytes)	I/O	SPI	USART	USI	TWI	PWM	On-Chip Debug		10-bit ADC	LCD
										JTAG	debugWire		
<b>megaAVR</b>													
ATmega 48	4	256	512	23	1	1	-	1	5	-	Y	8	-
ATmega8	8	512	1K	23	1	1	-	1	3	-	-	8	-
ATmega88	8	512	1K	23	1	1	-	1	5	-	Y	8	-
ATmega8515	8	512	512	35	1	1	-	-	3	-	-	-	-
ATmega8535	8	512	512	32	1	1	-	1	4	-	-	8	-
ATmega16	16	512	1K	32	1	1	-	1	4	Y	-	8	-
ATmega162	16	512	1K	35	1	2	-	-	6	Y	-	-	-
ATmega168	16	512	1K	23	1	1	-	1	5	-	Y	8	-
ATmega32	32	1K	2K	32	1	1	-	1	4	Y	-	8	-
ATmega64	64	2K	4K	53	1	2	-	1	8	Y	-	8	-
ATmega128	128	4K	4K	53	1	2	-	1	8	Y	-	8	-
ATmega256	256	4K	8K	53	1	2	-	1	16	-	Y	8	-
<b>LCD AVR</b>													
ATmega169	16	512	1K	53	1	1	Y	-	4	Y	-	8	Y
ATmega329	32	1K	2K	53	1	1	Y	-	4	Y	-	8	Y

Tabla. 2.1 Características del microcontrolador ATMEGA

## **2.2. LCD.** <sup>[11]</sup>

### **2.2.1. Introducción**

Antes de aparecer los módulos LCD, se utilizaban los Displays de siete segmentos para poder mostrar la información. Tenían una gran limitación de poder mostrar los caracteres alfa numéricos y símbolos especiales, también consumían demasiada corriente y ocupaban demasiado espacio físico. Posteriormente aparecieron otros tipos de displays más complejos que podían mostrar algunos caracteres y símbolos; pero tenían de igual manera mucho consumo de corriente y espacio físico. Finalmente aparecieron los módulos LCD o pantallas de cristal líquido la cual tiene la capacidad de mostrar cualquier carácter alfanumérico.

Estos dispositivos ya vienen con su pantalla y toda la lógica de control pre programada en la fábrica y lo mejor de todo es que el consumo de corriente es mínimo y no hace falta realizar tablas especiales como se hacía anteriormente con los displays de siete segmentos.

Las aplicaciones de los módulos LCD son infinitas ya que pueden ser aplicados en la informática, comunicaciones, telefonía, instrumentación, robótica, automóviles, equipos industriales, etc.

### **2.2.2. Definición de LCD**

La definición más clara de un LCD es una pantalla de cristal líquido que visualiza unos ciertos caracteres. Para poder hacer funcionar un LCD, debe estar conectado a un circuito impreso en el que estén integrados los controladores del display y los pines para la conexión del display. Sobre el circuito impreso se encuentra el LCD (figura 2.3), rodeado por una estructura metálica que lo protege.

En total se pueden visualizar 4 líneas de 20 caracteres cada una, es decir,

4x20=80 caracteres. Es el usuario el que especifica que 20 caracteres son los que se van a visualizar.

Tiene un consumo de energía de menos de 5mA y son ideales para dispositivos que requieran una visualización pequeña o media como en panel de la lavadora de ropa.



Fig. 2.3 Modulo LCD 4x20.

### 2.2.3. Los caracteres del LCD

El LCD dispone de una matriz de 5x8 puntos para representar cada caracter. En total se pueden representar 256 caracteres diferentes. 240 caracteres están grabados dentro del LCD y representan las letras mayúsculas, minúsculas, signos de puntuación, números, etc. Existen 8 caracteres que pueden ser definidos por el usuario como se muestra en la figura 2.4.

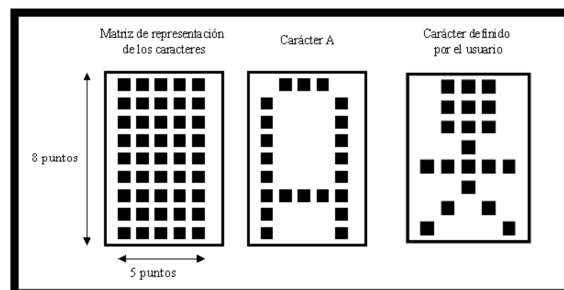


Fig. 2.4. Caracteres del LCD



En la siguiente tabla se muestran los caracteres más importantes que es capaz de representar la pantalla LCD. No están representados los caracteres correspondientes a los códigos desde el \$80 hasta el \$FF, que corresponden a símbolos extraños. Los códigos comprendidos entre el 0 y el 7 están reservados para que el usuario los defina en la tabla 2.2.

Código	Carac.	Código	Carac.	Código	Carac.	Código	Carac.	Código	Carac.	Código	Carac.
\$20	Espacio	\$30	0	\$40		\$50	P	\$60	·	\$70	p
\$21	!	\$31	1	\$41	A	\$51	Q	\$61	a	\$71	q
\$22	“	\$32	2	\$42	B	\$52	R	\$62	b	\$72	r
\$23	#	\$33	3	\$43	C	\$53	S	\$63	c	\$73	s
\$24	\$	\$34	4	\$44	D	\$54	T	\$64	d	\$74	t
\$25	%	\$35	5	\$45	E	\$55	U	\$65	e	\$75	u
\$26	&	\$36	6	\$46	F	\$56	V	\$66	f	\$76	v
\$27	‘	\$37	7	\$47	G	\$57	W	\$67	g	\$77	w
\$28	)	\$38	8	\$48	H	\$58	X	\$68	h	\$78	x
\$29	(	\$39	9	\$49	I	\$59	Y	\$69	I	\$79	y
\$2A	*	\$3A	:	\$4A	J	\$5A	Z	\$6A	j	\$7A	z
\$2B	+	\$3B	:	\$4B	K	\$5B	[	\$6B	k	\$7B	{
\$2C	,	\$3C	<	\$4C	L	\$5C		\$6C	l	\$7C	
\$2D	-	\$3D	=	\$4D	M	\$5D	]	\$6D	m	\$7D	}
\$2E	.	\$3E	>	\$4E	N	\$5E	^	\$6E	n	\$7E	
\$2F	/	\$3F	?	\$4F	O	\$5F	-	\$6F	o	\$7F	

Tabla 2.2 Caracteres más importantes de un LCD

#### 2.2.4. Diversidad de módulos LCD

En la actualidad existe una gran variedad de versiones, clasificadas en dos grupos. El primer grupo está referido a los módulos LCD de caracteres (solamente se podrán presentar caracteres y símbolos especiales en las líneas predefinidas en el módulo LCD) y el segundo grupo está referido a los módulos LCD matriciales (se podrán presentar caracteres, símbolos especiales y gráficos).

Los módulos LCD varían su tamaño físico dependiendo de la marca; por lo tanto en la actualidad no existe un tamaño estándar para los módulos LCD.

### **2.2.4.1. Tipos de memorias del LCD**

Un dispositivo LCD dispone de dos tipos de memorias ambas independientes.

Estas memorias se denominan DD RAM y CG RAM.

#### **2.2.4.1.1. DD RAM (Display Data Ram)**

Es la memoria encargada de almacenar los caracteres de la pantalla que se estén visualizando en ese momento, o bien, que estén en una posición no visible. Si el display tiene una capacidad de 4 líneas horizontales por 40 caracteres cada una, de los cuales solo serán visibles 4 líneas de 20 caracteres cada una. La DDRAM tiene un tamaño de  $2 \times 40 = 80$  bytes.

Una vez conocida la disposición de almacenamiento del display, es fácil pensar en un display de 4 líneas de 40 caracteres sobre el que se desplaza una ventana de 4 líneas por 20 caracteres.

#### **2.2.4.1.2. CG RAM (carácter generator RAM)**

La CG RAM contiene los caracteres que pueden ser definidos por el usuario, es decir que pueden ser personalizados. Está formada por 64 posiciones, con direcciones \$00-\$3F. Cada posición es de 5 bits.

La memoria está dividida en 8 bloques que corresponden a los posibles caracteres creados por el usuario que van del 0 al 7 como se muestra en la figura 2.5.

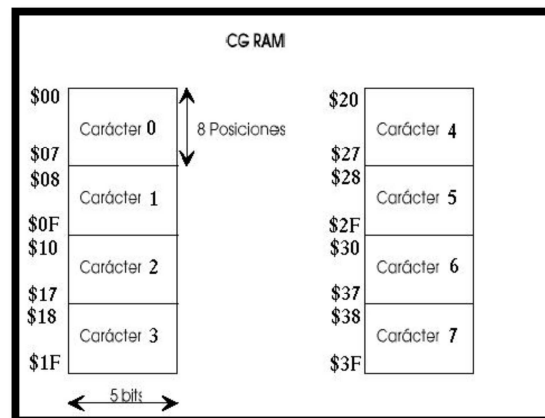


Fig. 2.5 División de bloques de la memoria

Cada carácter está constituido por una matriz de 5 columnas por 8 filas. De este modo un 1 indica un punto de la matriz encendido, y un 0 es apagado, como se ve en la figura 2.6.

Carácter definido por el usuario	Valores a almacenar en la CG RAM	
	BINARIO	HEXADECIMAL
	01110	\$0B
	01110	\$0B
	01110	\$0B
	00100	\$04
	11111	\$1F
	00100	\$04
	01010	\$0A
	10001	\$11

Fig. 2.6 Caracteres

A continuación si quisiéramos almacenar este carácter en la posición 0 de la CGRAM, tendríamos que almacenar cada una de las líneas de 5 bits en las direcciones de la CG RAM que van de la \$00 hasta la \$07 como se veía en el mapa de memoria CGRAM.

## 2.2.5. Interface con el exterior y funcionamiento del módulo.

### 2.2.5.1. Asignación de pines

A continuación podemos ver la asignación de pines en una pantalla LCD en la figura 2.7.

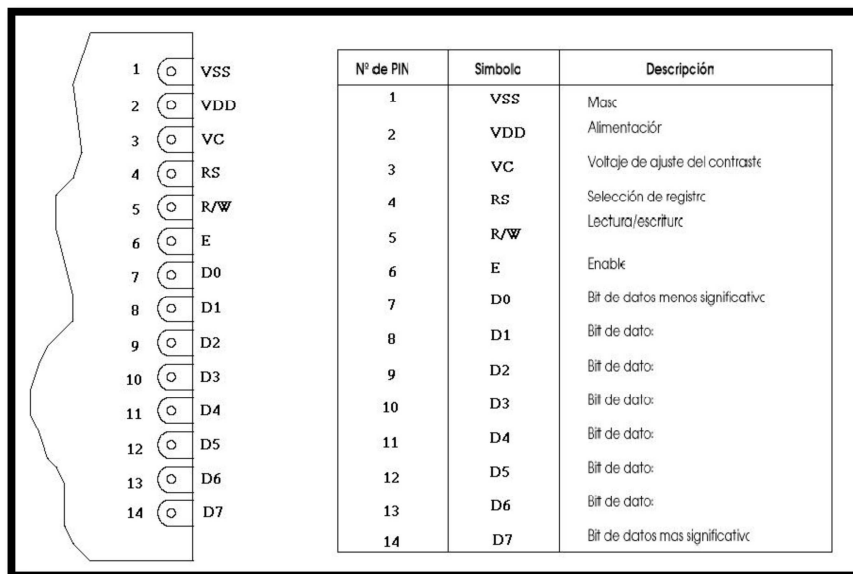


Fig. 2.7 Asignación de pines de un LCD

Los pines 1 y 2, son los utilizados para la alimentación del módulo LCD. La tensión utilizada es de 5 voltios.

El pin 3 se utiliza para ajustar el contraste de la pantalla LCD. Por medio de un potenciómetro regularémos la intensidad de los caracteres, a mayor tensión mayor intensidad. Se suele utilizar un potenciómetro de unos 10 o 20 k, que regulará la misma tensión que se utiliza para la alimentación.

El pin 4 se utiliza para indicar al bus de datos si la información que le llega es una instrucción o por el contrario es un carácter. Si RS=0 indicará que en el bus de

datos hay presente una instrucción, y si RD=1, indicará que tiene un caracter alfanumérico.

El pin 5 es el de escritura o lectura. Si está en 0 el módulo escribe en la pantalla el dato que haya en el bus de datos, y si está en 1 leeremos lo que hay en el bus de datos.

El pin 6 es el indicado de hacer que el módulo LCD funcione, o por el contrario no acepte órdenes de funcionamiento. Cuando E=0 no se podrá utilizar el display y cuando E=1 se podrán transferir datos y realizar las demás operaciones.

Las pines del 7 al 14 son los del bus de datos.

#### **2.2.5.2. El bus de datos**

El bus de datos de un módulo LCD puede funcionar como un bus de 8 bits o como un bus multiplexado de 4 bits. Esto permitiría ahorrar 4 patillas al microcontrolador utilizado pero complicaría mucho el control del LCD ya que habría que multiplexar y demultiplexar los datos. Si se realizara la multiplexación, solo utilizaríamos los pines del D4 al D7, y primero se retransmitirían los bits más significativos y luego los menos significativos.

### **2.3. El contactor** <sup>[12]</sup>

#### **2.3.1. Definición y generalidades**

Podemos definir un contactor como un aparato mecánico de conexión y desconexión eléctrica, accionado por cualquier forma de energía, menos manual,

capaz de establecer, soportar e interrumpir corrientes en condiciones normales del circuito, incluso las de sobrecarga.

Las energías utilizadas para accionar un contactor pueden ser muy diversas: mecánicas, magnéticas, neumáticas, fluídricas, etc. Los contactores corrientemente utilizados en la industria son accionados mediante la energía magnética proporcionada por una bobina, y a ellos nos referimos seguidamente.

Un contactor accionado por energía magnética, consta de un núcleo magnético y de una bobina capaz de generar un campo magnético suficientemente grande como para vencer la fuerza de los muelles antagonistas que mantienen separada del núcleo una pieza, también magnética, solidaria al dispositivo encargado de accionar los contactos eléctricos.

La característica importante de un contactor será la tensión a aplicar a la bobina de accionamiento, así como su intensidad ó potencia. Según sea el fabricante, dispondremos de una extensa gama de tensiones de accionamiento, tanto en continúa como en alterna siendo las más comúnmente utilizadas, 24, 48, 110, 220, y 380. La intensidad y potencia de la bobina, naturalmente dependen del tamaño del contador.

El tamaño de un contactor, depende de la intensidad que es capaz de establecer, soportar e interrumpir, así como del número de contactos de que dispone (normalmente cuatro). El tamaño del contactor también depende de la tensión máxima de trabajo que puede soportar, pero esta suele ser de 660 V. para los contactores de normal utilización en la industria.

Referente a la intensidad nominal de un contactor, sobre catálogo y según el fabricante, podremos observar contactores dentro de una extensa gama, generalmente comprendida entre 5 A y varios cientos de amperios. Esto equivale a decir que los contactores son capaces de controlar potencias dentro de un

amplio margen; así, por ejemplo, un contactor para 25 A. conectado en una red bifásica de 380 V. es capaz de controlar receptores de hasta  $380V \cdot 25=9.500 \text{ VA}$ . y si es trifásica  $3\phi \cdot 220V \cdot 25=16.454 \text{ VA}$ . Naturalmente nos referimos a receptores cuya carga sea puramente resistiva ( $\cos \phi = 1$ ), ya que de lo contrario, las condiciones de trabajo de los contactos quedan notablemente modificadas.

Cuando el fabricante establece la corriente característica de un contactor, lo hace para cargas puramente óhmicas y con ella garantiza un determinado número de maniobras, pero si el  $\cos \phi$  de la carga que se alimenta a través del contactor es menor que uno, el contactor ve reducida su vida como consecuencia de los efectos destructivos del arco eléctrico, que naturalmente aumentan a medida que disminuye el  $\cos \phi$ .

Por lo general, los contactores que se utilizarán en este proyecto referirán sus características a las recomendaciones C.E.I (Comité Electrotécnico Internacional), que establecen los siguientes tipos de cargas:

- AC-1 Para cargas resistivas o débilmente inductivas  $\cos \phi = 0,95$ .
- AC-2 Para cargar inductivas ( $\cos \phi = 0.65$ ). Arranque e inversión de marcha de motores de anillos rozantes.
- AC-3 Para cargas fuertemente inductivas ( $\cos \phi = 0.35$  a  $0.65$ ). Arranque y desconexión de motores de jaula.
- AC-4 Para motores de jaula: Arranque, marcha a impulsos y frenado por inversión.

Prácticamente, la casi totalidad de las aplicaciones industriales, tales como máquinas-herramientas, equipos para minas, trenes de laminación, puentes-grúas, etc., precisan de la colaboración de gran número de motores para realizar una determinada operación, siendo conveniente que puedan ser controlados por un único operador situado en un "centro de control", desde donde sea posible

observar y supervisar todas las partes de la instalación. Esta clase de trabajo no se puede realizar con interruptores o cualquier otro elemento de gobierno que precise de un mando manual directo, debido a que el operador no tendría tiempo material de accionar los circuitos que correspondiesen de acuerdo con las secuencias de trabajo. Estos y otros problemas similares pueden quedar solventados con el uso de contactores montados según un circuito de marcha-paro que denominaremos "función memoria" y que es base de los automatismos eléctricos.

### 2.3.2. Descripción del contactor

La figura 2.8 se describe las partes del contactor.

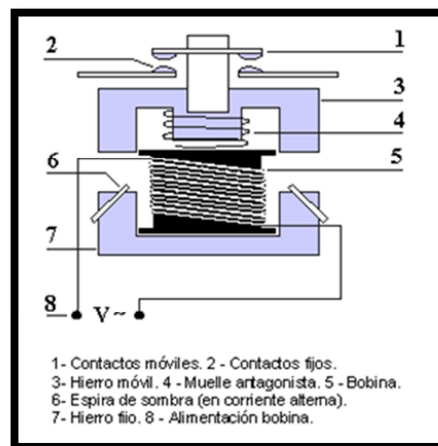


Fig. 2.8 Partes del contactor

### 2.3.3. Partes del contactor

#### 2.3.3.1. Carcasa

La carcasa es el elemento en el cual se fijan todos los componentes conductores del contactor, para lo cual es fabricada en un material no conductor con



propiedades como la resistencia al calor, y un alto grado de rigidez. Uno de los más utilizados materiales es la fibra de vidrio pero tiene un inconveniente y es que este material es quebradizo y por lo tanto su manipulación es muy delicada. En caso de quebrarse alguno de los componentes no es recomendable el uso de pegantes.

### **2.3.3.2. Electroimán**

También es denominado circuito electromagnético, y es el elemento motor del contactor.

Está compuesto por una serie de elementos cuya finalidad es transformar la energía eléctrica en un campo magnético muy intenso mediante el cual se produce un movimiento mecánico aprovechando las propiedades electromagnéticas de ciertos materiales.

#### **2.3.3.2.1. Bobina**

Consiste en un arrollamiento de alambre de cobre con unas características muy especiales con un gran número de espiras y de sección muy delgada para producir un campo magnético. El flujo magnético produce un par magnético que vence los pares resistentes de los muelles de manera que la armadura se puede juntar con el núcleo estrechamente.

##### **2.3.3.2.1.1. Bobina energizada con CA.**

Para el caso cuando una bobina se energiza con corriente alterna, se produce una corriente de magnitud muy alta puesto que solo se cuenta con la resistencia del

conductor, ya que la reactancia inductiva de la bobina es muy baja debido al gran entrehierro que existe entre la armadura y el núcleo, esta corriente tiene factor de potencia por consiguiente alto, del orden de 0.8 a 0.9 y es llamada corriente de llamada.

Esta corriente elevada produce un campo magnético muy grande capaz de vencer el par ejercido por los muelles o resorte que los mantiene separados y de esta manera se cierra el circuito magnético uniéndose la armadura con el núcleo trayendo como consecuencia el aumento de la reactancia inductiva y así la disminución de hasta aproximadamente diez veces la corriente produciéndose entonces una corriente llamada corriente de mantenimiento con un factor de potencia más bajo pero capaz de mantener el circuito magnético cerrado.

Para que todo este procedimiento tenga éxito las bobinas deben ser dimensionadas para trabajar con las corrientes bajas de mantenimiento pues si no se acciona el mecanismo de cierre del circuito magnético la corriente de llamada circulará un tiempo más grande del previsto pudiendo así deteriorar la bobina.

#### **2.3.3.2.2. Bobina energizada con CC.**

En este caso no se presenta el fenómeno anterior puesto que las corrientes de llamada y de mantenimiento son iguales. La única resistencia presente es la resistencia de la bobina misma por lo cual las características y la construcción de estas bobinas son muy especiales.

La bobina puede ser energizada por la fuente de alimentación o por una fuente independiente.

### **2.3.3.3. El núcleo**

Su función es concentrar y aumentar el flujo magnético con el fin de atraer la armadura eficientemente. Está construido de láminas de acero al silicio superpuestas y unidas firmemente unas con otras con el fin de evitar las corrientes parásitas.

El pequeño entrehierro entre la armadura y el núcleo se crea con el fin de eliminar los magnetismos remanentes.

Cuando circula una corriente alterna por la bobina es de suponerse que cuando la corriente pasa por el valor cero, el núcleo se separa de la armadura puesto que el flujo también es cero pero como esto sucede 120 veces en un segundo (si la frecuencia es de 60Hz) por lo cual en realidad no hay una verdadera separación pero esto sin embargo genera vibraciones y un zumbido además del aumento de la corriente de mantenimiento; por esto las bobinas que operan con corriente alterna poseen unos dispositivos llamados espiras de sombra las cuales producen un flujo magnético desfasado con el principal de manera que se obtiene un flujo continuo similar al producido por una corriente continua.

### **2.3.3.4. Armadura**

Es un elemento móvil muy parecido al núcleo pero no posee espiras de sombra, su función es la de cerrar el circuito magnético ya que en estado de reposo se encuentra separada del núcleo. Este espacio de separación se denomina entrehierro o cota de llamada.

Tanto el cierre como la apertura del circuito magnético suceden en un espacio de tiempo muy corto (10 milisegundos aproximadamente), todo debido a las características del muelle, por esto se pueden presentar dos situaciones.

- Cuando el par resistente es mayor que el par electromagnético, no se logra atraer la armadura.
- Si el par resistente es débil no se logrará la separación rápida de la armadura.

Cada una de las acciones de energizar o desenergizar la bobina y por consiguiente la atracción o separación de la armadura, es utilizada para accionar los contactos que obran como interruptores, permitiendo o interrumpiendo el paso de la corriente. Estos contactos están unidos mecánicamente (son solidarios) pero son separados eléctricamente.

#### 2.3.3.5. Contactos

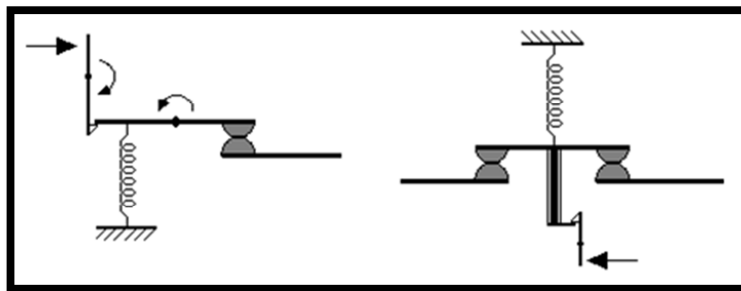


Fig. 2.9 Contactos

El objeto de estos elementos es permitir o interrumpir el paso de la corriente, son elementos conductores, los cuales se accionan tan pronto se energiza o se desenergiza la bobina por lo que se les denomina contactos instantáneos. Esta función la cumplen tanto en el circuito de potencia como en el circuito de mando (figura 2.9).

Los contactos están compuestos por tres partes dos de las cuales son fijas y se encuentran ubicadas en la carcasa y una parte móvil que une estas dos y posee un resorte para garantizar el contacto.

Las partes que entran en contacto deben tener unas características especiales puesto que al ser accionados bajo carga, se presenta un arco eléctrico el cual es proporcional a la corriente que demanda la carga, estos arcos producen sustancias que deterioran los contactos pues traen como consecuencia la corrosión, también las características mecánicas de estos elementos son muy importantes.

#### **2.3.3.5.1. Contactos principales**

Son los encargados de permitir o interrumpir el paso de la corriente en el circuito principal, es decir que actúa sobre la corriente que fluye de la fuente hacia la carga.

Es recomendable estar verificando la separación de estos que permiten que las partes fijas y móviles se junten antes de que el circuito magnético se cierre completamente, esta distancia se le denomina cota de presión. Esta no debe superar el 50%.

En caso de cambio de los contactos se tienen las siguientes recomendaciones:

- Cambiar todos los contactos y no solamente el dañado.
- Alinear los contactos respetando la cota inicial de presión.
- Verificar la presión de cada contacto con el contactor en funcionamiento.
- Verificar que todos los tornillos y tuercas se encuentren bien apretados.

Debido a que operan bajo carga, es determinante poder extinguir el arco que se produce puesto que esto deteriora el dispositivo ya que produce temperaturas extremadamente altas, para esto, los contactos se encuentran instalados dentro de la llamada cámara apaga chispas, este objetivo se logra mediante diferentes mecanismos.

- **Soplado por auto-ventilación:** Este dispositivo consiste en dos aberturas, una grande y una pequeña, al calentarse el aire, este sale por la abertura pequeña entrando aire fresco por la abertura grande y este movimiento de aire hace que se extinga la chispa.
- **Cámaras desionizadoras:** Estas cámaras consisten en un recubrimiento metálico que actúa como un disipador de calor y por esto el aire no alcanza la temperatura de ionización. Este método suele acompañarse por el soplado por auto-ventilación.
- **Transferencia y fraccionamiento del arco:** Consiste en dividir la chispa que se produce de manera que es más fácil extinguir chispas más pequeñas. Esto se realiza mediante guías en los contactos fijos.
- **Soplo magnético:** Este método emplea un campo magnético que atrae la chispa hacia arriba de la cámara aumentando de esta manera la resistencia. Este método suele ir acompañado del soplado por auto-ventilación y debe realizarse en un tiempo no muy largo pero tampoco extremadamente corto.

#### **2.3.3.5.2. Contactos secundarios**

Estos contactos secundarios se encuentran dimensionados para corrientes muy pequeñas porque estos actúan sobre la corriente que alimenta la bobina del contactor o sobre elementos de señalización.

Dado que en ocasiones deben trabajar con los PLC o tarjetas electrónicas estos contactos deben tener una confiabilidad muy alta.

Gran parte de la versatilidad de los contactores depende del correcto uso y funcionamiento de los contactos auxiliares. Normalmente los contactos auxiliares son:

- **Instantáneos:** Actúan tan pronto se energiza la bobina del contactor.
- **De apertura lenta:** La velocidad y el desplazamiento del contacto móvil es igual al de la armadura.
- **De apertura positiva:** Los contactos abiertos y cerrados no pueden coincidir cerrados en ningún momento.

Sin embargo se encuentran contactores auxiliares con adelanto al cierre o a la apertura y con retraso al cierre o a la apertura. Estos contactos actúan algunos milisegundos antes o después que los contactos instantáneos. Existen dos clases de contactos auxiliares:

**2.3.3.5.2.1. Contacto normalmente abierto:** (NA o NO), llamado también contacto instantáneo de cierre: contacto cuya función es cerrar un circuito, tan pronto se energice la bobina del contactor. En estado de reposo se encuentra abierto.

**2.3.3.5.2.2. Contacto normalmente cerrado:** (NC), llamado también contacto instantáneo de apertura, contacto cuya función es abrir un circuito, tan pronto se energice la bobina del contactor. En estado de reposo se encuentra cerrado.

#### 2.3.4. Funcionamiento del contactor

Cuando la bobina se energiza genera un campo magnético intenso, de manera que el núcleo atrae a la armadura, con un movimiento muy rápido. Con este movimiento todos los contactos del contactor, principales y auxiliares, cambian inmediatamente y de forma solidaria de estado.

Existen dos consideraciones que debemos tener en cuenta en cuanto a las características de los contactores:

- **Poder de cierre:** Valor de la corriente independientemente de la tensión, que un contactor puede establecer en forma satisfactoria y sin peligro que sus contactos se suelden.
- **Poder de corte:** Valor de la corriente que el contactor puede cortar, sin riesgo de daño de los contactos y de los aislantes de la cámara apaga chispas. La corriente es más débil en cuanto más grande es la tensión.

Para que los contactos vuelvan a su posición anterior es necesario desenergizar la bobina. Durante esta desenergización o desconexión de la bobina (carga inductiva) se producen sobre-tensiones de alta frecuencia, que pueden producir interferencias en los aparatos electrónicos.

Desde el punto de vista del funcionamiento del contactor las bobinas tienen la mayor importancia y en cuanto a las aplicaciones los contactos tienen la mayor importancia.

#### 2.3.5. Clasificación de los contactores

Los contactores se pueden clasificar de acuerdo a:



### **2.3.5.1. Por su construcción**

**2.3.5.1.1. Contactores electromecánicos:** Son aquellos ya descritos que funcionan de acuerdo a principios eléctricos, mecánicos y magnéticos.

**2.3.5.1.2. Contactores estáticos o de estado sólido:** Estos contactores se construyen a base de tiristores. Estos presentan algunos inconvenientes como:

- Su dimensionamiento debe ser muy superior a lo necesario.
- La potencia disipada es muy grande (30 veces superior).
- Son muy sensibles a los parásitos internos y tiene una corriente de fuga importante.
- Su costo es muy superior al de un contactor electromecánico equivalente.

### **2.3.5.2. Por el tipo de corriente eléctrica que alimenta la bobina.**

- Contactores para AC.
- Contactores para DC.

### **2.3.5.3. Por los contactos que tiene.**

- Contactores principales.
- Contactores auxiliares.

### **2.3.5.4. Por la carga que pueden maniobrar (categoría de empleo).**

Tiene que ver con la corriente que debe maniobrar el contactor bajo carga.

### 2.3.6. Categoría de empleo

Para establecer la categoría de empleo se tiene en cuenta el tipo de carga controlada y las condiciones en las cuales se efectúan los cortes.

Las categorías más usadas en AC son:

- AC1: Cargas no inductivas (resistencias, distribución) o débilmente inductivas, cuyo factor de potencia sea por lo menos 0.95.
- AC2: Se refiere al arranque, al frenado en contracorriente y a la marcha por impulso permanente de los motores de anillos.

Al cierre el contactor establece el paso de corrientes de arranque equivalentes a más o menos 2.5A la corriente nominal del motor. A la apertura el contactor debe cortar la intensidad de arranque, con una tensión inferior o igual a la tensión de la red.

- AC3: Para el control de motores jaula de ardilla (motores de rotor en cortocircuito) que se apagan a plena marcha.

Al cierre se produce el paso de corrientes de arranque, con intensidades equivalentes a 5 o más veces la corriente nominal del motor. A la apertura corta el paso de corrientes equivalentes a la corriente nominal absorbida por el motor. Es un corte relativamente fácil.

- AC4: Se refiere al arranque, al frenado en contracorriente y a la marcha por impulso permanente de los motores de jaula.
- Al cierre se produce el paso de la corriente de arranque, con intensidades equivalentes a 5 o más veces la corriente nominal del motor. Su apertura provoca el corte de la corriente nominal a una tensión, tanto mayor como

tanto mayor es la velocidad del motor. Esta tensión puede ser igual a la tensión de la red. El corte es severo.

En corriente continua se encuentran cinco categorías de empleo: DC1, DC2, DC3, DC4 y DC5.

Un mismo contactor dependiendo de la categoría de empleo, puede usarse con diferentes corrientes.

### **2.3.7. Criterio para la elección de un contactor**

Para elegir el contactor que más se ajusta a nuestras necesidades, se debe tener en cuenta los siguientes criterios:

- Tipo de corriente, tensión de alimentación de la bobina y la frecuencia.
- Potencia nominal de la carga.
- Condiciones de servicio: ligera, normal, dura, extrema. Existen maniobras que modifican la corriente de arranque y de corte.
- Si es para el circuito de potencia o de mando y el número de contactos auxiliares que necesita.
- Para trabajos silenciosos o con frecuencias de maniobra muy altas es recomendable el uso de contactores estáticos o de estado sólido.
- Por la categoría de empleo.

### **2.3.8. Ventajas de los contactores**

Los contactores presentan ventajas en cuanto a los siguientes aspectos y por los cuales es recomendable su utilización.

- Automatización en el arranque y paro de motores.
- Posibilidad de controlar completamente una máquina, desde varios puntos de maniobra o estaciones.
- Se pueden maniobrar circuitos sometidos a corrientes muy altas, mediante corrientes muy pequeñas.
- Seguridad del personal, dado que las maniobras se realizan desde lugares alejados del motor u otro tipo de carga, y las corrientes y tensiones que se manipulan con los aparatos de mando son o pueden ser pequeños.
- Control y automatización de equipos y máquinas con procesos complejos, mediante la ayuda de los aparatos auxiliares de mando, como interruptores de posición, detectores inductivos, presostatos, temporizadores, etc.
- Ahorro de tiempo al realizar maniobras prolongadas.

### **2.3.9. Causas del deterioro de un contactor**

Cuando un contactor no funciona o lo hace en forma deficiente, lo primero que debe hacerse es revisar el circuito de mando y de potencia (esquemas y montaje), verificando el estado de los conductores y de las conexiones, porque se pueden presentar falsos contactos, tornillos flojos etc.

Además de lo anterior es conveniente tener en cuenta los siguientes aspectos en cada una de las partes que componen el contactor:

#### **2.3.9.1. Deterioro de la bobina**

- La tensión permanente de alimentación debe ser la especificada por el fabricante con un 10% de tolerancia.
- El cierre del contactor se puede producir con el 85% de variación de la tensión nominal y la apertura con el 65%.

- Cuando se producen caídas de tensión frecuentes y de corta duración, se pueden emplear retardadores de apertura capacitivos.
- Si el núcleo y la armadura no se cierran por completo, la bobina se recalentará hasta deteriorarse por completo, por el aumento de la corriente de mantenimiento.

### **2.3.9.2. Deterioro en el núcleo y armadura**

Cuando el núcleo y la armadura no se juntan bien y/o se separan, produciendo un campo electromagnético ruidoso, es necesario revisar:

- La tensión de alimentación de la bobina: si es inferior a la especificada, generará un campo magnético débil, sin la fuerza suficiente para atraer completamente la armadura.
- Los muelles, ya que pueden estar vencidos por fatiga del material, o muy tensos.
- La presencia de cuerpos extraños en las superficies rectificadas del núcleo y/o armadura. Estas superficies se limpian con productos adecuados (actualmente se fabrican productos en forma de aerosoles). Por ningún motivo se deben raspar, lijar y menos limar.

### **2.3.9.3. Deterioro de los contactos**

Cuando se presenta un deterioro prematuro es necesario revisar:

- Si el contactor corresponde a la potencia nominal del motor, y al número y frecuencia de maniobras requerido.
- Cuando la elección ha sido la adecuada y la intensidad de bloqueo del motor es inferior al poder de cierre del contactor, el daño puede tener origen en el

circuito de mando, que no permite un correcto funcionamiento del circuito electromagnético.

- Caídas de tensión en la red, provocadas por la sobre-intensidad producida en el arranque del motor, que origina pérdida de energía en el circuito magnético, de tal manera que los contactos, al no cerrarse completamente y carecer de la presión necesaria, acaban por soldarse.
- Cortes de tensión en la red: al reponerse la tensión, si todos los motores arrancan simultáneamente, la intensidad puede ser muy alta, provocando una caída de tensión, por lo cual es conveniente colocar un dispositivo, para espaciar los arranques por orden de prioridad.
- Micro-cortes en la red: cuando un contactor se cierra nuevamente después de un micro-corte (algunos milisegundos), la fuerza contra-electromotriz produce un aumento de la corriente pico, que puede alcanzar hasta el doble de lo normal, provocando la soldadura de algunos contactos y un arco eléctrico, entre otros problemas. Este inconveniente puede eliminarse usando un contacto temporizado, que retarde dos o tres segundos el nuevo cierre.
- Vibración de los contactos de enclavamiento, que repercute en el electroimán del contactor de potencia, provocando cierres incompletos y soldadura de los contactos.

## **2.4. Reguladores de tensión** <sup>[13]</sup>

### **2.4.1. Introducción de los reguladores de tensión**

Todos los circuitos electrónicos requieren una o más fuentes de tensión estable de continua. Las fuentes de alimentación sencillas construidas con un transformador, un rectificador y un filtro (fuentes de alimentación no reguladas) no proporcionan una calidad suficiente porque sus tensiones de salida cambian con la corriente que circula por la carga y con la tensión de la línea, y además presentan una cantidad

significativa de rizado a la frecuencia de la red. Por ello, no son generalmente adecuadas para la mayoría de las aplicaciones.

En la figura 2.10 se presenta el diagrama de bloques típico de una fuente de alimentación regulada. La entrada es un transformador conectado a la red eléctrica (220V, 50Hz) con objeto de reducir su amplitud. Un rectificador de diodos rectifica la señal la cual es filtrada (generalmente a través de un condensador) para producir una señal de salida DC no regulada. El regulador de tensión proporciona una salida mucho más regulada y estable para alimentar a una carga.

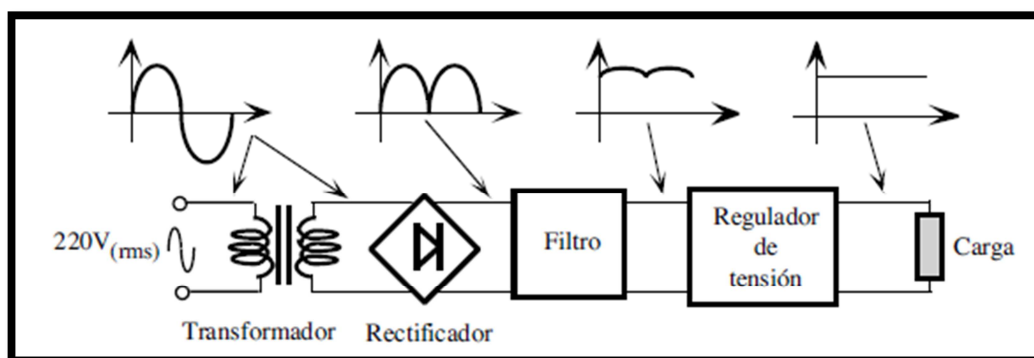


Fig. 2.10 Diagrama de bloques de una fuente de alimentación regulada.

La función de un regulador de tensión es proporcionar una tensión estable y bien especificada para alimentar otros circuitos a partir de una fuente de alimentación de entrada de poca calidad; después del amplificador operacional, el regulador de tensión es probablemente el circuito integrado más extensamente usado. Además deben ser capaces de proporcionar corrientes de salida desde unas cuantas decenas de miliamperios, en el caso de reguladores pequeños, hasta varios amperios, para reguladores grandes.

### 2.4.1.1. Reguladores de tensión fija tri-terminal

Los reguladores de tensión típicos de tres terminales tienen un terminal para la entrada no regulada (IN) la salida regulada (OUT) y tierra (COMMON) y están ajustados para proporcionar una tensión de salida constante tal como +5V o +15V o -15V. Dentro de esta categoría se encuentra la serie  $\mu A78XX$  (positivos) o  $\mu A79XX$  (negativos) de Fairchild. Los dos últimos dígitos indicados por XX indican la tensión de salida y pueden ser 05, 06, 08, 12, 15, 18, 24 V. Las versiones de baja potencia son accesibles en encapsulados de plástico y las de mayor potencia en encapsulados tipo TO-03 y TO-220 metálicos con corrientes de salida superiores a 1A. Otros ejemplos de reguladores son el LM340 y LM320 de National Semiconductor, serie MC79XX de Motorola y el LT1003 de Linear Technology, este último proporciona 5V y 5A de salida.

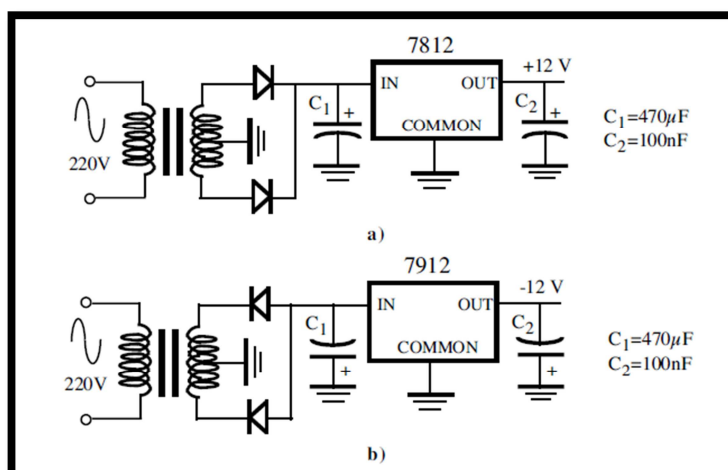


Fig. 2.12 Fuente de alimentación basada en el regulador de tensión a) positivo  $\mu A78XX$  b) negativo  $\mu A79XX$

Las figuras 2.12.a y 2.12.b describen dos ejemplos de utilización del regulador de tensión fija  $\mu A7812$  y  $\mu A7912$  para obtener tensiones de salida reguladas de +12V y -12V, respectivamente. Los condensadores  $C_1$  y  $C_2$  mejoran la respuesta transitoria del regulador. Cuando el regulador se encuentra a cierta distancia del rectificador,  $C_1$  se desdobra en dos, uno conectado a la salida de los diodos y otro



conectado a la entrada del regulador (valor de 0.1 a 1 $\mu$ F) para evitar oscilaciones no deseadas.

## 2.5. Transistor de unión bipolar BJT <sup>[14]</sup>

### 2.5.1. Introducción del transistor de unión bipolar BJT

- BJT (Bipolar Junction Transistor)
- Los transistores de unión bipolares, son dispositivos de estado sólido de tres terminales, núcleo de circuitos de conmutación y procesado de señal.
- El transistor se ha convertido en el dispositivo más empleado en electrónica, a la vez que se han ido incrementando sus capacidades de manejar potencias y frecuencias elevadas, con gran fiabilidad. (No existe desgaste por partes móviles).
- Los transistores son dispositivos activos con características altamente no lineales.
- **Efecto Transistor:** el transistor es un dispositivo cuya resistencia interna puede variar en función de la señal de entrada. Esta variación de resistencia provoca que sea capaz de regular la corriente que circula por el circuito al que está conectado. (Transfer Resistor).

### 2.5.2. Constitución interna de un BJT

- Es un dispositivo de tres terminales, equivalente a dos diodos PN unidos en sentido opuesto (Emisor, Base y Colector)
- En función de la situación de las uniones, existen dos tipos: NPN y PNP, como se muestra en la figura 2.13.

- La unión correspondiente a la Base-Emisor, se polariza en directa; y la Base-Colector en inversa. Así, por la unión Base-Colector circula una corriente inversa.
- En npn, la región de emisor tiene mayor dopaje que la base. Al polarizar la unión Base-Emisor en directa, y la Base-Colector en inversa, los electrones libres que proceden del emisor llegan a la base, con mucho menor número de huecos, por lo que son atraídos por el colector (con alta concentración de impurezas).

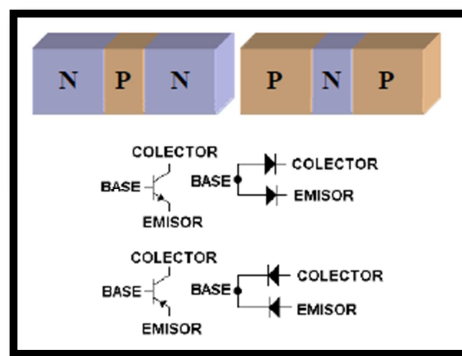


Fig. 2.13 Transistor NPN y PNP

### 2.5.3. Transistor bipolar NPN

- Está formado por una capa fina tipo p entre dos capas n, contenidas en un mismo cristal semiconductor de germanio o silicio, presentando las tres zonas mencionadas (E, B, C), como se muestra en la figura 2.14.
- El emisor emite portadores de carga hacia el interior de la base.
- En la base se gobiernan dichos portadores.
- En el colector se recogen los portadores que no puede acaparar la base.
- Unión emisor: es la unión pn entre la base y el emisor.
- Unión colector: es la unión pn entre la base y colector.
- Cada una de las zonas está impurificada en mayor o menor grado. La base 100 veces menos que el colector o emisor.

- La base tiene menor tamaño, después el emisor y a 2 veces de espesor el colector.

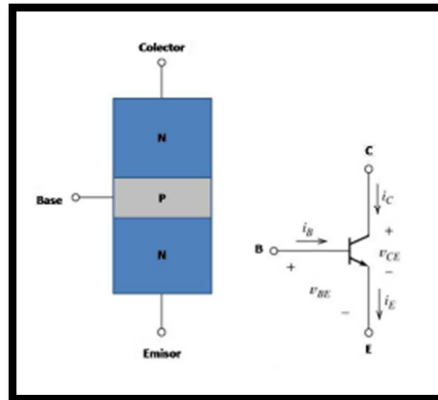


Fig. 2.14 Transistor NPN

#### 2.5.4. Transistor bipolar PNP

- El BJT pnp está formado también por un cristal semiconductor con tres regiones definidas por el tipo de impurezas, como se ve en la figura 2.15.
- Las tensiones de continua aplicadas son opuestas a las del npn.
- Las corrientes fluyen en sentido contrario al del npn.
- Por lo demás, este dispositivo es similar al npn.
- El BJT pnp desde el emisor emite huecos, controlada por la base. El exceso de huecos que no pueden recombinarse en la base van a parar al colector.

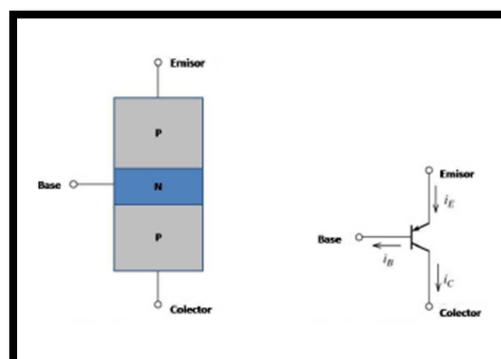


Fig. 2.15 Transistor PNP

### 2.5.5. Configuraciones del BJT

- Aunque el transistor posea únicamente tres terminales, se puede realizar su estudio como un cuadripolo (dos terminales de entrada y dos de salida como se muestra en la figura 2.16) si uno de sus terminales es común a la entrada y salida:
  - Base Común.
  - Emisor Común.
  - Colector Común
- Base común (BC):  $A_{icc}=1$ ;  $R_e$  pequeña;  $R_s$  muy grande.
- Colector común (CC):  $A_{icc}$  elevada;  $R_e$  muy grande;  $R_s$  muy pequeña.
- Emisor común (EC):  $A_{icc}$  elevada;  $R_e$  pequeña;  $R_s$  grande.
- El montaje EC se aproxima más al amplificador de corriente ideal.
- El montaje BC permite adaptar una fuente de baja resistencia que ataca a una carga de alta resistencia.
- El montaje CC adapta una fuente de alta resistencia de salida a una carga de bajo valor.

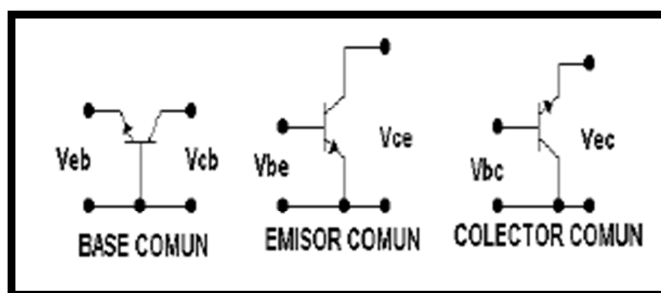


Fig. 2.16 Configuraciones del BJT

### 2.5.6. Funcionamiento básico BJT NPN

- En el montaje EC de la figura 2.17, se polariza directamente la unión Base-Emisor; e inversamente la unión Base-Colector.

- Se polariza el BJT si  $V_{be}$  aprox. 0,7 voltios (polarización directa), y  $V_{ce} > V_{be}$  (unión base-colector en inversa).
- La corriente de emisor es aquella que pasa por la unión base-emisor polarizada en directa y depende de  $V_{be}$  al igual que en un diodo pn.

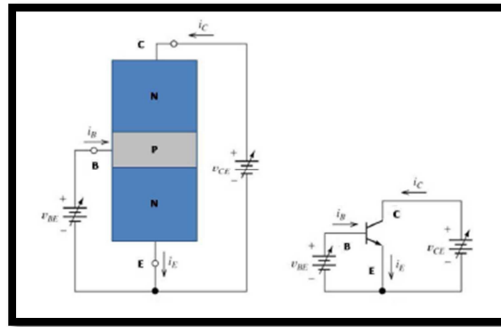


Fig. 2.17 Funcionamiento básico BJT NPN

### 2.5.7. Funcionamiento básico BJT NPN

- En el montaje EC de la figura 2.18, se polariza directamente la unión Base-Emisor; e inversamente la unión Base-Colector.
- Se polariza el BJT si  $V_{be}$  aprox. 0,7 voltios (polarización directa), y  $V_{ce} > V_{be}$  (unión base-colector en inversa).
- La corriente de emisor es aquella que pasa por la unión base-emisor polarizada en directa y depende de  $V_{be}$  al igual que en un diodo pn.

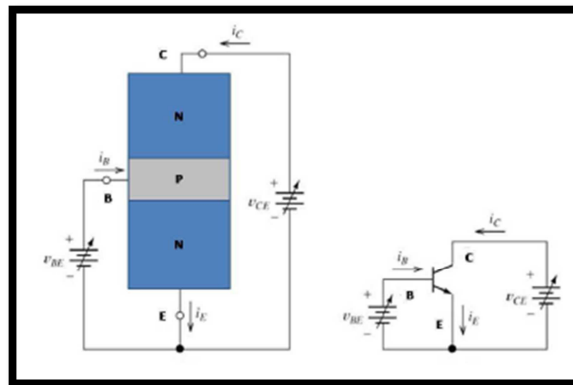


Fig. 2.18 Funcionamiento básico BJT NPN

### 2.5.8. Definición de los modos de trabajo del BJT

- Según la polarización de cada unión, se obtendrá un modo de trabajo diferente, según la tabla 2.3.
- En la región Activa - directa, el BJT se comporta como una fuente controlada. (Amplificación)
- En el modo Corte únicamente circulan las corrientes inversas de saturación de las uniones. Es casi un interruptor abierto.
- En Saturación, la tensión a través de la unión de colector es pequeña, y se puede asemejar a un interruptor cerrado.
- Activo – inverso, no tiene utilidad en amplificación.

MODO	POLARIZACION DE LA UNION	
	EMISOR - BASE	COLECTOR – BASE
Activo - Directo	Directa	Inversa
Corte	Inversa	Inversa
Saturación	Directa	Directa
Activo - Inverso	Inversa	Directa

Fig. 2.3 Modos de trabajo del BJT

### 2.5.9. El BJT en conmutación

- Los circuitos de conmutación son aquellos en los que el paso de bloqueo a saturación se considera inmediato, es decir, el transistor no permanece en la zona activa.
- Los circuitos típicos del transistor en conmutación son los multivibradores y la báscula de Schmitt.
- Los multivibradores se aplican en los sistemas electrónicos de temporización, generación de señales cuadradas, intermitencias, etc.

- Las básculas de Schmitt tienen su principal aplicación en sistemas de detección que utilizan sensores, de forma que se comporta como un interruptor activado por las variaciones de algún parámetro físico detectado por el sensor.
- El transistor BJT en CORTE.
- El transistor BJT en SATURACION.

#### **2.5.10. El BJT en corte y saturación**

- CORTE:
  - El BJT en corte tiene su  $I_b$  a cero amperios.
  - La  $I_c$  es igual a la de fugas:  $I_{ceo}$  (del orden de nA a  $T=300^\circ\text{K}$ )
  - La tensión  $V_{ce}$  es  $V_{cc}$  si se desprecia la caída producida por la corriente de fugas.
  - El BJT se comporta como un interruptor abierto.
- SATURACION:
  - En esta zona la  $V_{ce}$  es aproximadamente de 0,2 voltios.
  - La  $I_c$  es aproximadamente igual a  $V_{cc}$  dividido por la suma de resistencias en la malla de colector – emisor.
  - Se comporta como un interruptor cerrado.
- El tiempo de conmutación de un estado a otro limita la frecuencia máxima de trabajo.

## CAPÍTULO 3

### IMPLEMENTACIÓN DEL HARDWARE PARA EL CONTROL Y MANDO DE LA LAVADORA DE ROPA

#### 3.1. Descripción de los programas de lavado de la lavadora de ropa mabe lma4900b

Cada programa de lavado tiene características de temperatura y velocidad de centrifugado que son datos determinados por el usuario y el temporizador de la lavadora en el proceso para cualquier programa, en este caso la lavadora que se dispone consta con tres programas, esto son normal, tejido sintético, planchado permanente definidos por el diagrama de tiempo de la figura 3.1.

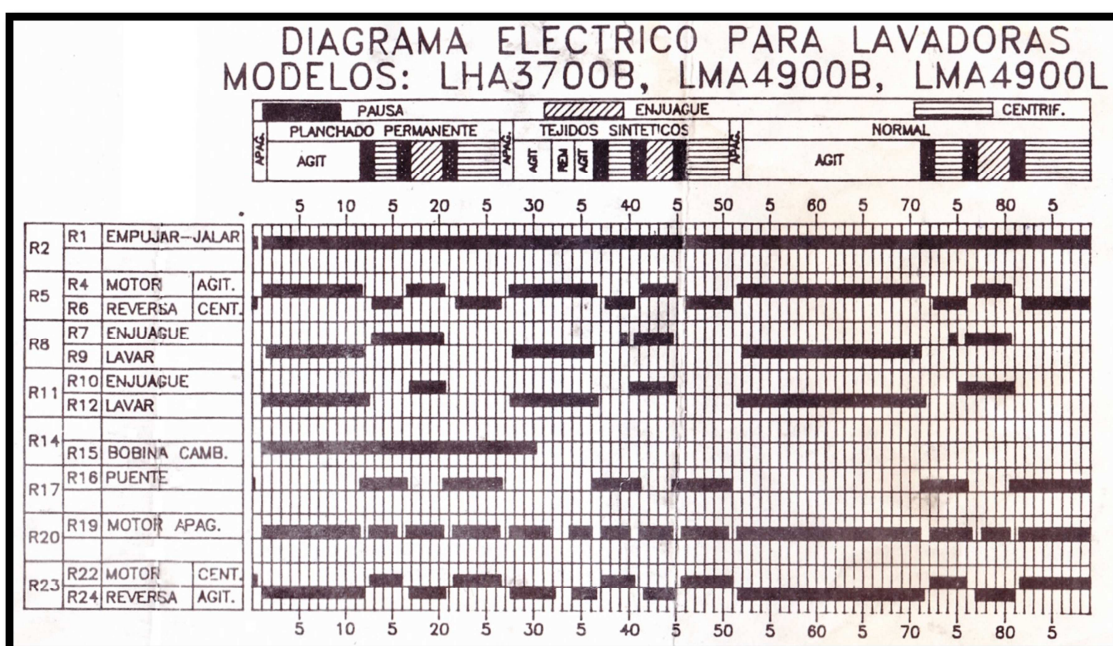


Fig. 3.1 Diagrama de tiempos de la lavadora

Cada uno de los contactos del R1 al R24 son contactos del temporizador electromecánico accionado por un motor sincrónico mientras va transcurriendo el tiempo en los diferentes ciclos de lavado.





- **Pausa:** en esta etapa se detienen todos los elementos durante 1 minuto.
- **Centrifugado:** en esta etapa el motor se acciona en sentido contrario al agitado, además ingresa agua fría si el sensor indica que el nivel de agua esta alto, su duración es de 3 minutos.
- **Pausa:** en esta etapa se detienen todos los elementos durante 1 minuto.
- **Enjuague:** el motor se acciona en sentido normal, además ingresa agua fría si el sensor de nivel lo indica, este ciclo se mantiene durante 4 minutos
- **Pausa:** en esta etapa se detienen todos los elementos durante 1 minuto.
- **Centrifugado:** en esta etapa el motor se acciona en sentido contrario al agitado, además ingresa agua fría si el sensor indica que el nivel de agua esta alto, su duración es de 5 minutos.

### 3.1.2. Programa de tejido sintético

Este programa de lavado dura alrededor de 30 minutos debe ser seleccionado para ropa que sea de tejido sintético y tiene las siguientes etapas de lavado:

- **Agitado:** en esta parte del ciclo de lavado se acciona únicamente el motor y también ingresa agua a la temperatura seleccionada, ya sea fría, tibia o caliente durante un tiempo de 4 minutos.
- **Remojo:** en esta etapa ingresa agua si es necesario con la temperatura preseleccionada y tiene una duración de 2 minutos.
- **Agitado:** en esta parte del ciclo de lavado se acciona únicamente el motor y también ingresa agua a la temperatura seleccionada, ya sea fría, tibia o caliente durante un tiempo de 2 minutos.
- **Pausa:** en esta etapa se detienen todos los elementos durante 2 minutos.
- **Centrifugado:** en esta etapa el motor se acciona en sentido contrario al agitado, además ingresa agua fría si el sensor indica que el nivel de agua esta alto, su duración es de 3 minutos.
- **Pausa:** en esta etapa se detienen todos los elementos durante 2 minutos.

- **Enjuague:** el motor se acciona en sentido normal, además ingresa agua fría si el sensor de nivel lo indica, este ciclo se mantiene durante 4 minutos
- **Pausa:** en esta etapa se detienen todos los elementos durante 2 minutos.
- **Centrifugado:** en esta etapa el motor se acciona en sentido contrario al agitado, además ingresa agua fría si el sensor indica que el nivel de agua está alto, su duración es de 5 minutos.

### 3.1.3. Programa de lavado normal

Este programa es el más largo de todos, dura alrededor de 40 minutos y es utilizado para ropa grande que tenga tejido de ropa normal.

Tiene las siguientes etapas de lavado:

- **Agitado:** en esta parte del ciclo de lavado se acciona únicamente el motor y también ingresa agua a la temperatura seleccionada, ya sea fría, tibia o caliente durante un tiempo de 19 minutos.
- **Pausa:** en esta etapa se detienen todos los elementos durante 2 minutos.
- **Centrifugado:** en esta etapa el motor se acciona en sentido contrario al agitado, además ingresa agua fría si el sensor indica que el nivel de agua está alto, su duración es de 4 minutos.
- **Pausa:** en esta etapa se detienen todos los elementos durante 2 minutos.
- **Enjuague:** el motor se acciona en sentido normal, además ingresa agua fría si el sensor de nivel lo indica, este ciclo se mantiene durante 4 minutos.
- **Pausa:** en esta etapa se detienen todos los elementos durante 2 minutos.
- **Centrifugado:** en esta etapa el motor se acciona en sentido contrario al agitado, además ingresa agua fría si el sensor indica que el nivel de agua está alto, su duración es de 7 minutos.

### 3.2. Diagrama esquemático del circuito

En la figura 3.3 se indica el diagrama esquemático del circuito del control y mando a construirse de la lavadora de ropa.

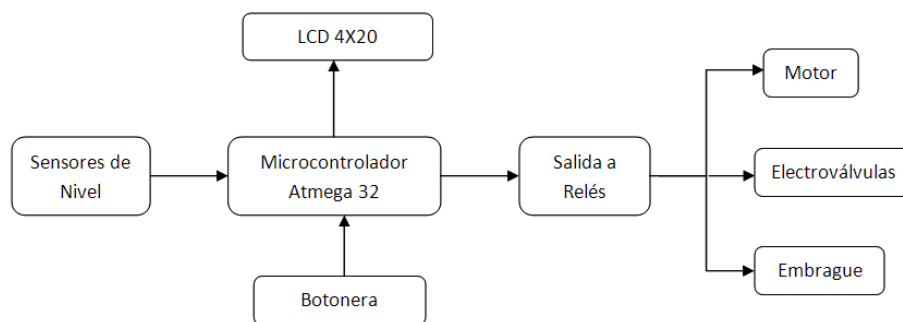


Fig. 3.3. Diagrama esquemático del control y mando de la lavadora

Para un mejor entendimiento del lector en el anexo 1 se encuentra el diagrama completo la tarjeta electrónica.

Otro diagrama que tiene vital importancia para la construcción de este proyecto es circuito de fuerza en donde se describe la conexión del motor monofásico, pulsadores, sensores, electroválvulas y embrague, este diagrama se encuentra en el anexo 2.

Los elementos que conforman la tarjeta electrónica se describirán en detalle a continuación uno a uno.

### 3.3. Alimentación del circuito

El circuito se alimenta con la energía de la red es decir con una fase y el neutro (120VAC).

Los 120V entran a un transformador de relación 10 a 1 con lo que se obtiene en la salida 12V y soporta una corriente de 1 amperio en el bobinado secundario.

Una vez que ya se disminuye el voltaje a 12V, este voltaje es rectificado por un puente de diodos de 2 amperios el cual disminuye el voltaje a 11.3 V debido a que se resta el voltaje que cae en los diodos. El voltaje obtenido ingresa a un capacitor de 1000uf para de esta manera eliminar parte del rizado de la onda que produce el puente de diodos, para luego ingresar al circuito integrado estabilizador 7805. Una vez ya estabilizado el voltaje continuo en 5V se procede a filtrar con otro condensador para eliminar cualquier pequeño rizado que hubiese quedado.

El sistema de control y mando de la lavadora consta de dos fuentes de 5 voltios cada una. La primera fuente es la que alimenta al circuito del microcontrolador, el LCD y las botoneras. El segundo circuito alimenta a los relés.

Para este proyecto se usará dos fuentes de 5V cada una con las descripciones mencionadas anteriormente figura 3.4, ya que para que trabaje el circuito integrado 7805 a su máxima capacidad necesita un disipador de calor ya que este dispositivo desprende gran cantidad de calor lo cual dificulta que trabaje a su total capacidad.

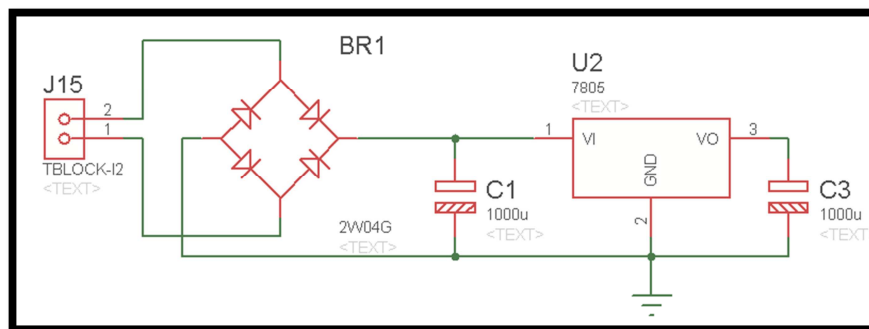


Fig. 3.4 Fuente para el circuito

### 3.3.1. Estabilizador 7805 <sup>[15]</sup>

En la actualidad es muy común encontrar en las fuentes de alimentación reguladores de voltaje en circuitos integrados, normalmente son componentes muy parecidos a los transistores de potencia. Suelen tener tres terminales, uno

de entrada, un común o masa, y uno de salida, tienen una capacidad de reducción del rizado muy alta y normalmente sólo hay que conectarles un par de condensadores.

Existen circuitos reguladores con un gran abanico de tensiones y corrientes de funcionamiento. La serie más conocida de reguladores integrados es la 78xx y la serie 79xx para tensiones negativas. Los de mayor potencia necesitarán un disipador de calor, este es el principal problema de los reguladores serie lineales tanto discreto como integrado, al estar en serie con la carga las caídas de tensión en sus componentes provocan grandes disipaciones de potencia.

### 3.3.1.1. Distribución de pines

- El INPUT es por donde ingresa el voltaje de corriente continua filtrado para que el mismo sea estabilizado en el circuito integrado, además se encuentra en el pin uno.
- El GND es el punto común de tierra y de referencia para los diferentes circuitos, como el circuito de control (circuito de microcontrolador), circuito de fuerza (circuito de relés electrónicos), es el pin de la mitad.
- El OUTPUT es donde se obtiene la señal de los 5V estabilizado para el uso de los diferentes circuitos que se alimentan con 5V, es el tercer pin, como se ve en la figura 3.5.

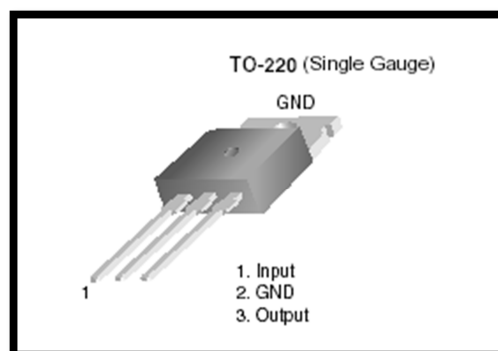


Fig. 3.5 distribución de pines del 7508

### 3.3.1.2. Características del circuito integrado 7805

En la tabla 3.1 se indica las características eléctricas del circuito integrado 7805.

#### Electrical Characteristics (LM7805)

Refer to the test circuits.  $-40^{\circ}\text{C} < T_J < 125^{\circ}\text{C}$ ,  $I_O = 500\text{mA}$ ,  $V_I = 10\text{V}$ ,  $C_I = 0.1\mu\text{F}$ , unless otherwise specified.

Symbol	Parameter	Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit	
$V_O$	Output Voltage	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	4.8	5.0	5.2	V	
		$5\text{mA} \leq I_O \leq 1\text{A}$ , $P_O \leq 15\text{W}$ , $V_I = 7\text{V to } 20\text{V}$	4.75	5.0	5.25		
Regline	Line Regulation <sup>(1)</sup>	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	$V_O = 7\text{V to } 25\text{V}$	–	4.0	100	mV
			$V_I = 8\text{V to } 12\text{V}$	–	1.6	50.0	
Regload	Load Regulation <sup>(1)</sup>	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	$I_O = 5\text{mA to } 1.5\text{A}$	–	9.0	100	mV
			$I_O = 250\text{mA to } 750\text{mA}$	–	4.0	50.0	
$I_Q$	Quiescent Current	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	–	5.0	8.0	mA	
$\Delta I_Q$	Quiescent Current Change	$I_O = 5\text{mA to } 1\text{A}$ $V_I = 7\text{V to } 25\text{V}$	–	0.03	0.5	mA	
			–	0.3	1.3		
$\Delta V_O/\Delta T$	Output Voltage Drift <sup>(2)</sup>	$I_O = 5\text{mA}$	–	-0.8	–	mV/ $^{\circ}\text{C}$	
$V_N$	Output Noise Voltage	$f = 10\text{Hz to } 100\text{kHz}$ , $T_A = +25^{\circ}\text{C}$	–	42.0	–	$\mu\text{V}/V_O$	
RR	Ripple Rejection <sup>(2)</sup>	$f = 120\text{Hz}$ , $V_O = 8\text{V to } 18\text{V}$	62.0	73.0	–	dB	
$V_{\text{DROP}}$	Dropout Voltage	$I_O = 1\text{A}$ , $T_J = +25^{\circ}\text{C}$	–	2.0	–	V	
$r_O$	Output Resistance <sup>(2)</sup>	$f = 1\text{kHz}$	–	15.0	–	m $\Omega$	
$I_{\text{SC}}$	Short Circuit Current	$V_I = 35\text{V}$ , $T_A = +25^{\circ}\text{C}$	–	230	–	mA	
$I_{\text{PK}}$	Peak Current <sup>(2)</sup>	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	–	2.2	–	A	

#### Notes:

1. Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Changes in  $V_O$  due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty is used.
2. These parameters, although guaranteed, are not 100% tested in production.

Tabla 3.1 Característica eléctricas del 7805

### 3.4. Microcontrolador Atmega 32 <sup>[16]</sup>

El Atmega 32 es un microcontrolador CMOS de 8 bits a baja potencia, basado en arquitectura RISC de AVR. Ejecutando las instrucciones en un solo ciclo de reloj, el Atmega 32 alcanza un desempeño de 1 MIPS (millón de instrucciones por segundo) por MHz permitiendo al diseñador optimizar consumos de potencia contra la velocidad de procesamiento.

El microcontrolador será el encargado de controlar todo el circuito en general así como el motor sus tiempos y el sentido de giro, las electroválvulas ya que recibirá las señales de los sensores de nivel de agua para activar o desactivar las mismas dependiendo del nivel previamente establecido y el embrague que será el encargado de controlar la velocidad del motor en los diferentes ciclos de lavado que son partes propias de la lavadora de ropa.

Otros elementos que controla son los botones los cuales ingresan la información necesaria para realizar los ciclos de lavado y también controla el LCD que es el encargado de indicar las diferentes etapas del proceso de lavado como de la programación de la lavadora de ropa que se conjugan con los botones de la lavadora.

Este elemento remplazará las funciones de todo el tablero colectivamente con los botones y el LCD, y primordialmente realizará las funciones del temporizador electromecánico que controla los tiempos de la lavadora de ropa y los diferentes programas de lavado, además reduce el consumo de energía ya que éste elemento electromecánico usa un motor sincrónico que consume más energía que el circuito microcontrolado.

El microcontrolador Atmega 32 es de la familia Atmel AVR, para lo cual se utilizará el programa en Bascom AVR que utiliza un lenguaje de programación conocido como visual Basic.

#### **3.4.1. Distribución de pines del microcontrolador Atmega 32**

La figura 3.6 (a) muestra la distribución de terminales del microcontrolador para un encapsulado PDIP, mientras que la figura 3.6 (b) lo muestra con el tipo de encapsulado TQFP.



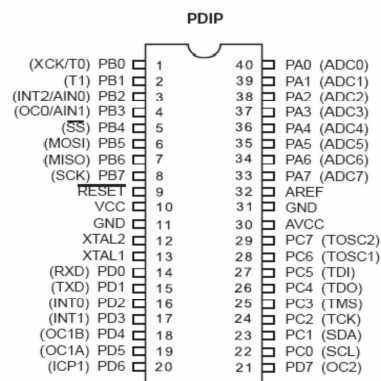


Fig. 3.6 a) Atmega 32 PDIP

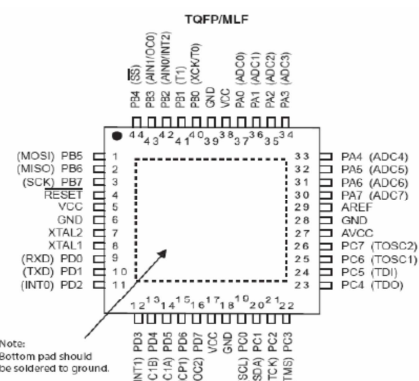


Fig. 3.6 b) Atmega 32 TQFP/MLF

### 3.4.2. Características de microcontrolador Atmega 32

Las características generales del Atmega 32 son:

- Atmega 32 (Serie AVR de Atmel de 8 bits).
- Arquitectura RISC
- 32K bytes de memoria flash, 2K bytes de SRAM, 1024 bytes EEPROM, 2Timers/Contadores de 8 bits, 1 Timer / Contador de 16 bits, 8 canales de 10 bits de ADC, USART, WDT, POR, BOD, 4 Canales de PWM, Puerto de ISP.
- Interface Serial SPI para programación dentro del sistema.
- 6 Modos para ahorrar potencia.
- 32 pines de I/O.

En la figura 3.7 se muestra el diagrama de bloques del microcontrolador Atmega 32, en el cual se puede visualizar las funciones que dispone cada grupo de puertos del microcontrolador y las funciones internas y externas adicionales que dispone este elemento, así como las memorias internas del mismo.

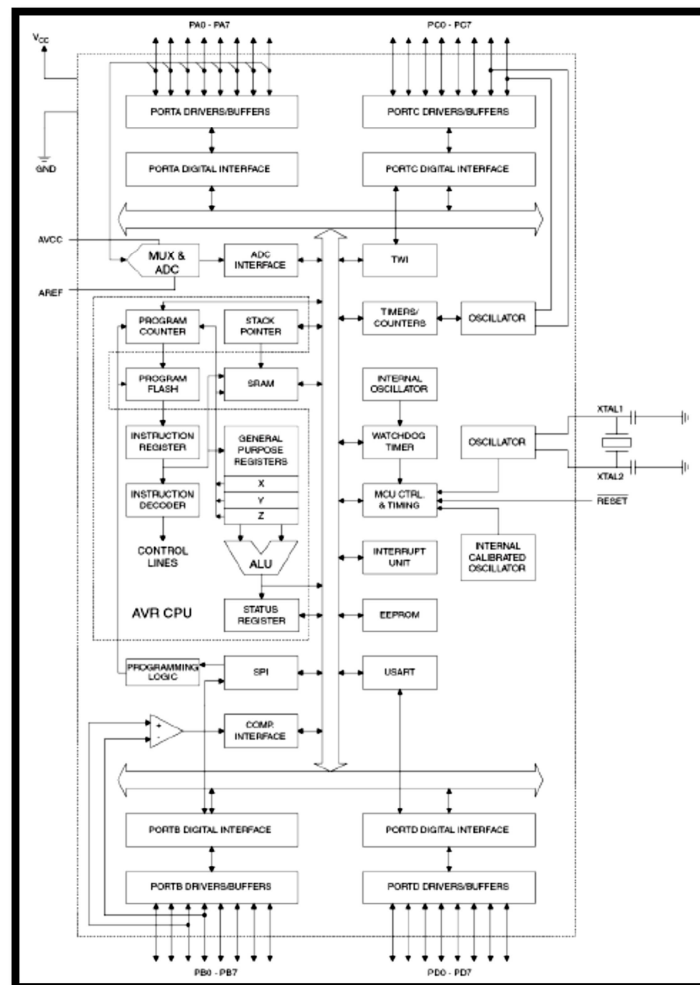


Figura 3.7 diagrama de bloques del Atmega 32

### 3.5. Sensores de nivel

En la actualidad existen una gran gama de sensores de nivel en el mercado, cada uno de ellos con diferentes características y para diferentes productos. Para la lavadora de ropa es necesario controlar el nivel de agua del tanque pero no es necesario que tenga gran precisión en su medida ya que el proceso permite un error de hasta el 15%, por este motivo se decidió usar la conductividad del agua como switch de tal manera que colocando un conductor, el cual se encuentra conectado a tierra de la fuente del circuito y colocado al interior del tanque, los otros 4 conductores estarán a diferentes alturas como se muestra en la figura 3.8,

de tal manera que el que esté más cerca a la superficie sea el nivel pequeño que se seleccionará en el programa previamente antes de lavar la ropa, el segundo para cuando se seleccione la opción ropa mediana, el tercer conductor cuando se seleccione la opción para ropa grande y el último para cuando se seleccione la opción de ropa extra grande, para cuando el nivel de agua vaya subiendo se cierre el circuito y envíe una señal de cero lógico al microcontrolador, este elemento reacciona con el programa cargado y los valores antes seleccionados por el usuario para que desactive los puertos que permiten controlar a las electroválvulas, o de lo contrario activar si está bajo, dependiendo del programa escogido.

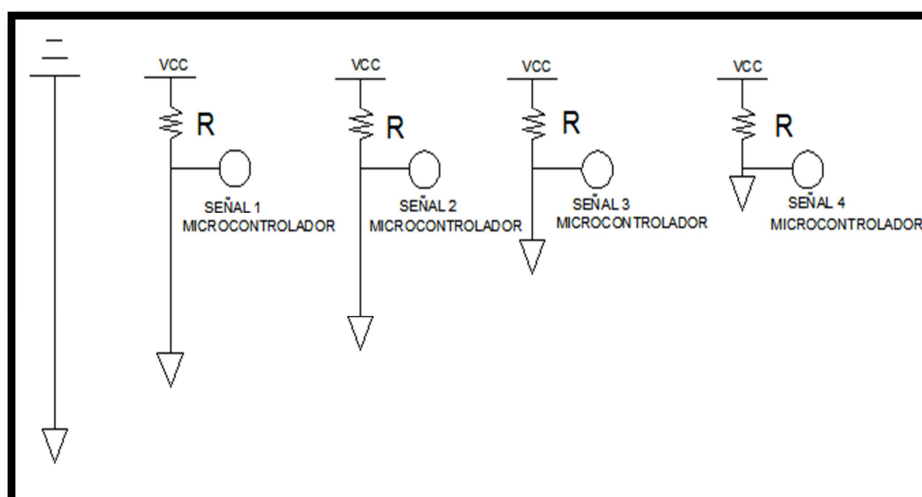


Figura 3.8 sensores de nivel

### 3.6. Transistor 2N3904 NPN <sup>[17]</sup>

El transistor es un dispositivo semiconductor, que presenta dos modos de funcionamiento: lineal y no lineal. El interés en las aplicaciones de conmutación se centra en la parte no lineal, que permite utilizar dos estados claramente diferenciados (corte y saturación; “1” lógico y “0” lógico).

Las ecuaciones que describen el modelo lineal se pueden utilizar para calcular el comportamiento hasta que el dispositivo entra en la zona no lineal, siendo que una vez en ésta, dichas ecuaciones dejan de tener validez.

Estos transistores se modelan a través de dos mallas: la malla de entrada y la de salida.

La de entrada está dada por la base  $B$  y el emisor  $E$  mientras que la de salida por el colector  $C$  y el emisor  $E$ . Resulta evidente que el  $E$  resulta común a ambas (figura 3.9).

A su vez, existen dos tipos de TBJ y su diferencia radica en el sentido de circulación de las corrientes:

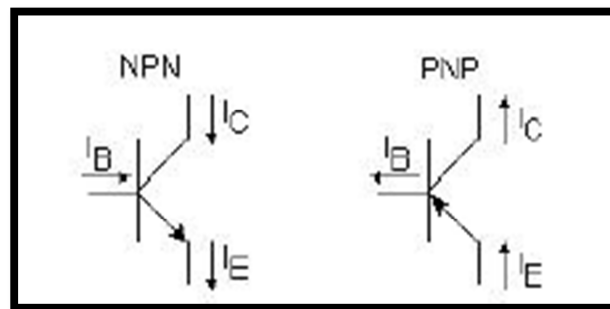


Fig. 3.9 Polaridad de los transistores.

Nota: En lo que sigue, se utilizará como ejemplo el tipo NPN dado que es el más común, aunque para el PNP sigue siendo todo válido (con la precaución de que los sentidos de referencia han cambiado).

En el proyecto, se busca alcanzar alguno de estos dos estados (corte y saturación) según cierta salida lógica (de una compuerta, un microcontrolador, etc.). Un circuito muy sencillo que suele utilizarse con bastante frecuencia es el mostrado en la figura 3.10:

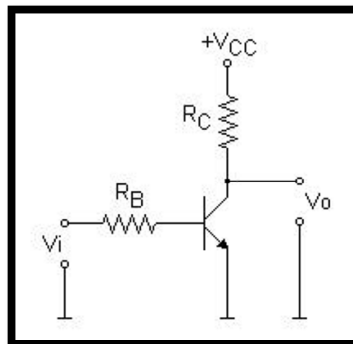


Fig. 3.10 Corte y saturación.

### 3.6.1. Cálculo de las resistencias (RB) para la salida a los relés.

Para lograr que nuestro transistor funcione en corte y saturación es necesario calcular la resistencia de base del transistor RB.

Se realizará un solo cálculo debido a que los cinco relés tienen el mismo valor resistivo que es de  $100\Omega$ . El transistor 2N3904 se asumirá el valor de ganancia mínima de  $\beta_{\min}=15$ .

Cálculo de la corriente  $I_B$ :

$$I_c = \frac{5 - V_{ccsaturation}}{R_{rele}} = \frac{5 - 1}{100} = 0.04 \text{ A}$$

“ $I_c$  Corriente del Colector”

$$I_c = \beta_{\min}$$

“ $I_B$  Corriente de Base”

$$I_B = \frac{I_c}{\beta_{\min}} = \frac{0.04}{15} = 0.0027 \text{ A}$$

“ $V_B$  Voltaje de la base”

Cálculo de la RB:

“ $V_{BE}$  Voltaje base emisor”

$$V_B = V_{RB} + V_{BE}$$

“ $V_{RB}$  Voltaje de la resistencia RB”

$$V_{RB} = V_B - V_{BE}$$

“RB Resistencia de la base”

$$I_B \cdot RB = V_B - V_{BE}$$

$$RB = \frac{V_B - V_{BE}}{I_B} = \frac{3.3 - 0.7}{0.0027} = 962.96\Omega$$

El valor de la resistencia normalizada es de  $1K\Omega$ .

De todo esto, se encuentra que el modelo 2N3904 resulta adecuado, ya que cumple con los requisitos anteriores y a su vez no resulta sobredimensionado.

En la tabla 3.2 se muestran las características del TBJ NPN 2N3904

TBJ NPN 2N3904		
$P_D$ máxima	625	mW
$V_{BE}$ on	0,7	V
$V_{CE}$ máxima	40	
$V_{CE}$ saturac.	0,3	
$I_C$ máxima	200	mA
$I_B$ mínima	0,05	
$\beta$ mínimo	100	-

Tabla 3.2 Características del TBJ NPN 2N3904

### 3.6.2. Distribución de pines

En la figura 3.11 se muestra la distribución de pines del transistor 2N3904.

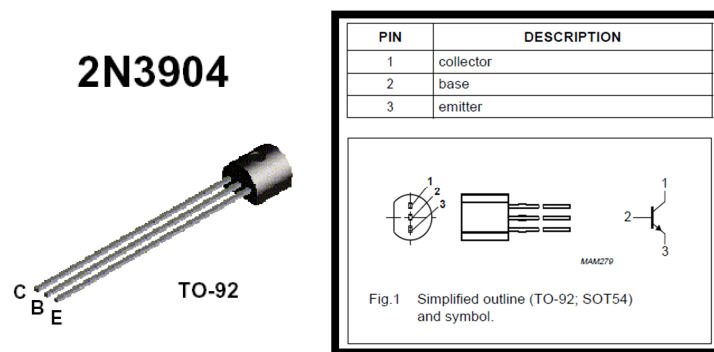


Fig. 3.11 Distribución de pines

### 3.6.3. El uso de un transistor como un interruptor

Cuando un transistor se utiliza como un interruptor que debe ser OFF o totalmente activado como se muestra en la figura 3.12. En el estado ON completamente la tensión  $V_{CE}$  a través del transistor es casi cero y el transistor se dice que está saturado, ya que no puede pasar más corriente de colector  $I_C$ . El dispositivo de salida conmutado por el transistor se suele llamar la "carga".

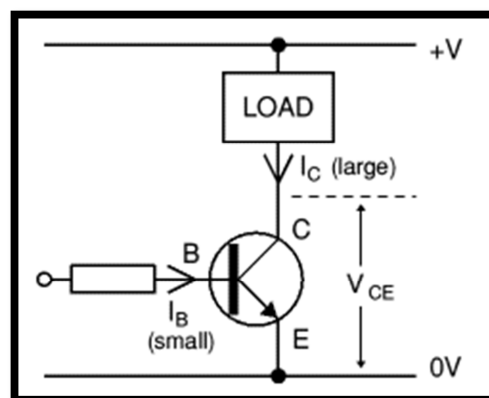


Fig. 3.12 Transistor en configuración como interruptor

### 3.7. Elaboración de la placa

Para empezar a realizar la placa es necesario tener todos los elementos. Necesitamos elaborar el circuito que se va a realizar, esto lo hacemos con el programa PROTEUS ARES como se muestra en la figura 3.13.

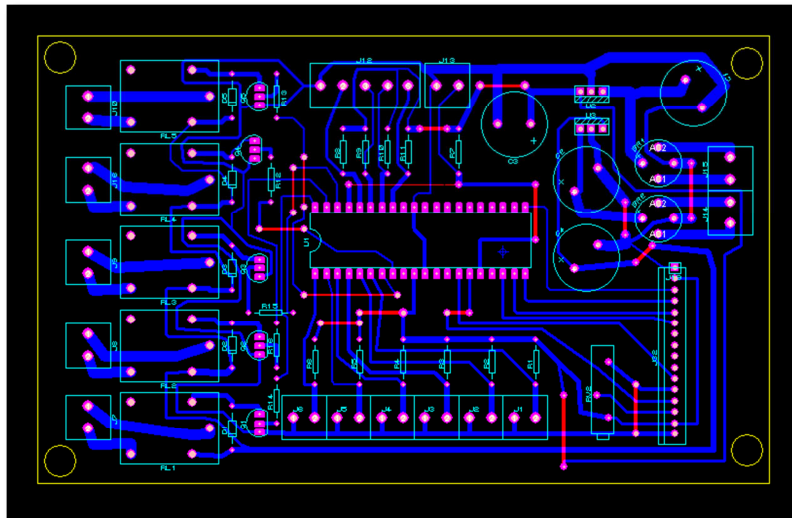


Fig. 3.13 Placa realizada en Proteus Ares

Además este programa nos permite ver un resultado final en una vista de tres dimensiones como se muestra en la figura 3.14.

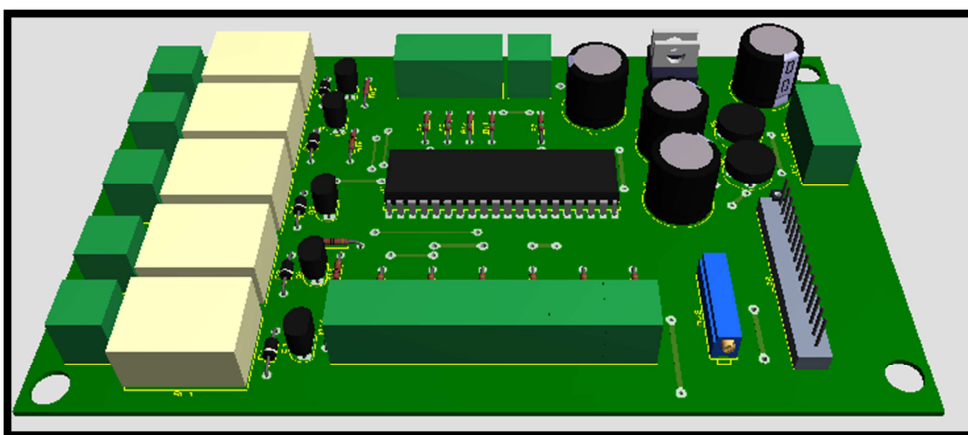


Fig. 3.14 Vista en tres dimensiones de la placa



Una vez terminado este proceso se imprime el circuito a laser, ya que esto será lo que se transfiere a la placa, como se muestra en la figura 3.15.

Debemos observar si el tamaño del dibujo es el óptimo para poder montar los elementos.

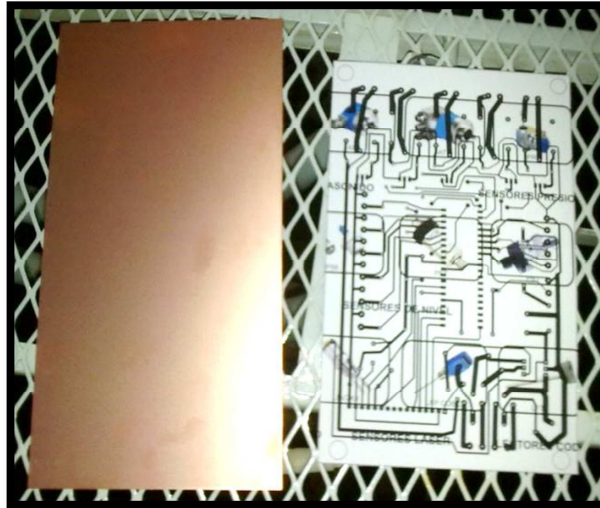


Fig. 3.15 Baquelita y circuito impreso

A continuación se procede a limpiar la placa con una lija 350 en los bordes para eliminar cualquier rastro de corte realizado.

Además se limpia la placa con una bolita de lana de acero, el cual quita cualquier mancha o grasa que pueda existir, se debe recordar que el ácido solo disuelve el cobre.

Se procede a pasar el circuito que está impreso en el papel a la placa de cobre, esto se lo realiza con calor, se necesita una plancha con la cual una vez fijada la impresión sobre la placa se procede a pasar, el cual no debe estar a una temperatura muy alta, como se muestra en la figura 3.16



Fig. 3.16 Pistas a transferirse a la placa.

Si notamos que alguna pista o parte del circuito no pasa correctamente a la placa se debe pasar el marcador indeleble para corregir las pistas, teniendo cuidado de no afectar a las demás pistas.

Una vez pasado el circuito se prepara el ácido en un envase adecuado, es decir que ingrese a la placa, para acelerar el proceso se puede mover el envase teniendo cuidado de que el ácido no salte hacia la ropa, manos y ojos, para evitar cualquier accidente se utiliza las protecciones necesarias. En la figura 3.17, se muestra el circuito impreso disuelto el cobre.

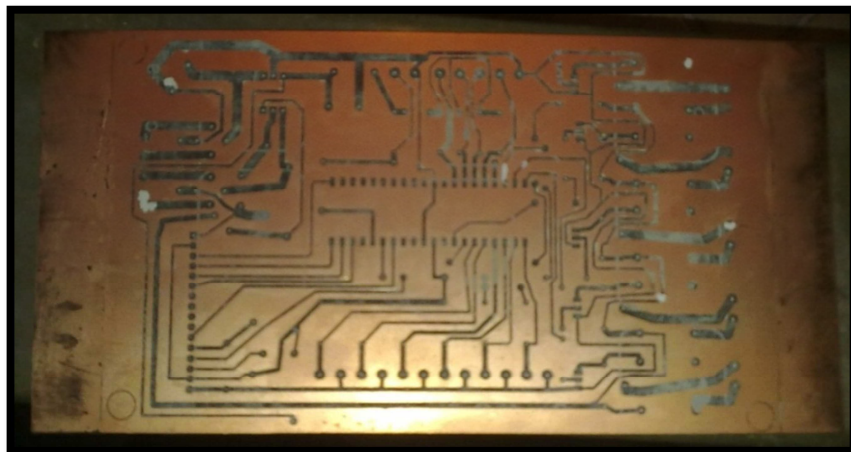


Fig. 3.17 Paso del circuito a la placa

Finalmente se retira la placa del ácido y se procede a hacer los huecos como se muestra en la figura 3.18.



Fig. 3.18 Maquinado de las perforaciones de la placa

Esta placa está lista para empezar a soldar los elementos, como se muestra en la figura 3.19.

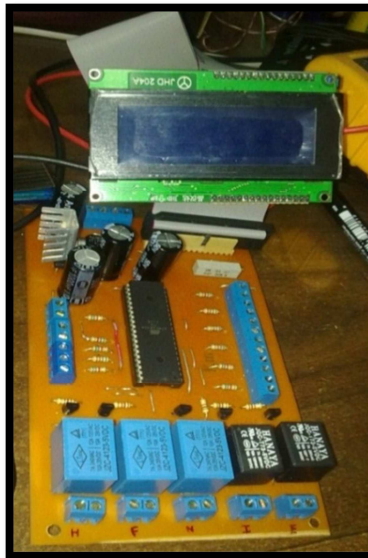


Fig. 3.19 Placa finalizada lista para la instalación.

# **CAPÍTULO 4**

## **DESARROLLO DEL SOFTWARE**

### **4.1. INTRODUCCIÓN**

En el presente capítulo se explicará las diferentes etapas del programa y los pasos a seguir para realizar la programación del microcontrolador Atmega 32, como una breve explicación del programa Bascom AVR, en donde se realizó el programa para el microcontrolador.

En nuestro proyecto, el programa que se muestra grabado en el microcontrolador Atmega 32, tiene por objetivo enviar instrucciones a cada uno de los elementos electromecánicos de la lavadora, como son el motor, electroválvulas y el embrague.

Las señales eléctricas enviadas por cada elemento eléctrico del circuito como son pulsadores y sensores, estas señales son entregadas al microcontrolador en formas de corriente o de voltaje, estas son digitalizadas por el microcontrolador y comparadas internamente por el programa previamente cargado, para que de esta forma se pueda obtener una señal de respuesta para la operación inteligente de la lavadora.

El programa diseñado para el microcontrolador realizará las operaciones para cada etapa de lavado. Relacionará la señales tanto de los pulsadores, sensores y seguros además éste será capaz de acoplarse a las condiciones que el usuario requiere para cada ciclo de lavado y de esta forma se adapte a las necesidades momentáneas del usuario.

## 4.2. BASCOM AVR <sup>[18]</sup>

Bascom AVR es un compilador con un lenguaje de programación de alto nivel. En la figura 4.1. se puede observar la ventana principal de Bascom AVR:

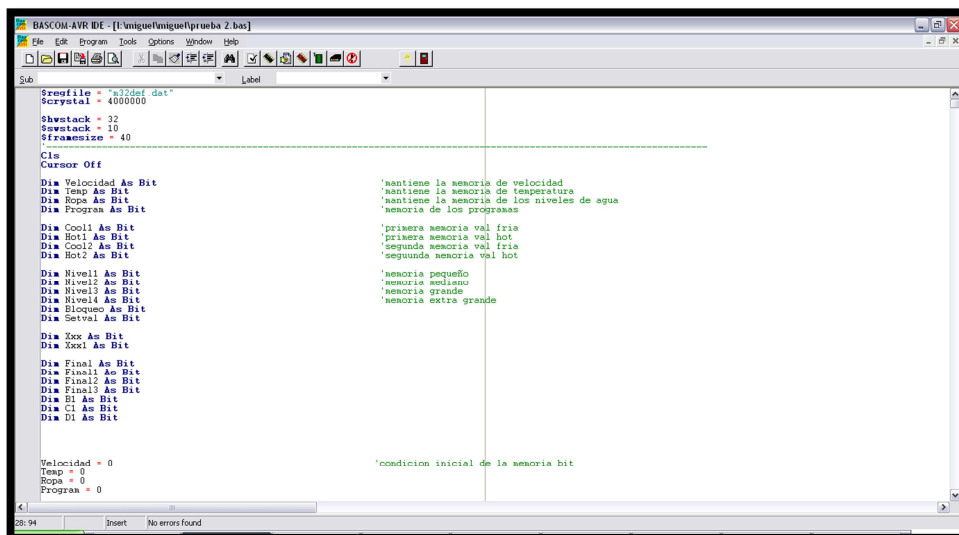


Fig. 4.1 ventana principal de Bascom AVR.

Este software permite escribir el código del programa en lenguaje BASIC, dentro de su librería incluye el microcontrolador ATMEGA 32 que es el que vamos a utilizar para desarrollar el programa, también genera archivos necesarios para comunicar el microcontrolador con el PC por medio del programador PROGISP utilizando el hardware USBASP para comunicar el micro con el PC.

Además nos permite crear rápidamente prototipos porque se ha incorporado soporte para casi todos los microcontroladores AVR características tales como:

- Contadores / temporizadores
- UART
- ADC
- PWM
- I2C

Además de que soporta gran cantidad de periféricos, tales como:

- Botones
- LCD de alfanuméricos
- LCD Gráficos
- PS / 2 para teclado
- Control remoto por infrarrojos

#### **4.2.1. Configurar Twin AVR Bascom**

Bascom compila código básico en un "Bin"-archivo. Esta caja-archivo contiene las instrucciones de AVR en el llamado código de máquina, lo que el controlador de AVR puede ejecutar directamente. Se puede utilizar un programador externo para escribir esta caja de archivo en la memoria flash del AVR. El programador externo, a su vez, es controlado a través de un programa separado el cual le permite seleccionar el archivo HEX que debe enviar al AVR.

#### **4.2.2. Pasos para usar y configurar Bascom AVR**

En primer lugar, configurar Bascom para iniciar Twin Avr con el nombre correcto de la bandeja de archivo se produce después de una compilación exitosa.

A continuación, proceder como sigue:

- Inicio Bascom
- Seleccione Archivo / Nuevo como se muestra en la figura 4.2.

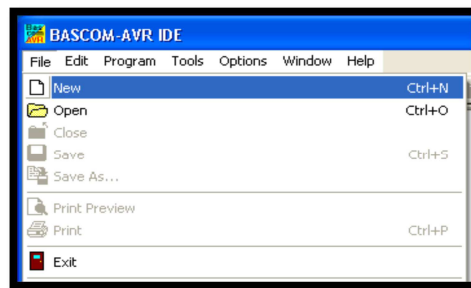


Fig. 4.2 Menú de archivo para seleccionar un nuevo archivo.

En el text window que aparece en la figura 4.3. nos permite visualizar la base Bas y el texto, entrar en el programa de bases siguientes:

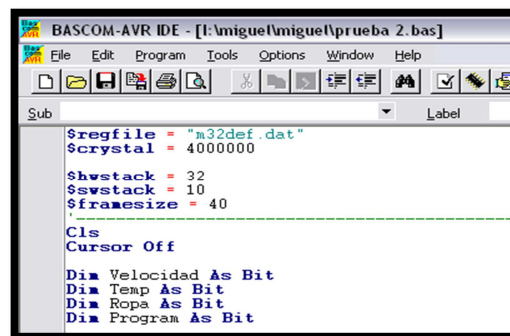


Fig. 4.3.Text window de Bascom AVR.

A medida que escribe Bascom va a cambiar el texto del programa de color de acuerdo a las palabras clave que reconoce.

Después de introducir el texto del programa, seleccione Archivo / Guardar como y seleccione una ubicación y un nombre para el archivo. Para nuestro caso se ha seleccionado 'prueba2.bas' como un nombre de archivo. Como Bascom genera gran cantidad de archivos después de una compilación, es una buena idea crear directorios separados para cada proyecto.

Bascom AVR tiene una pantalla que nos sirve para la configuración del microcontrolador a utilizar. Para esto se debe seguir los siguientes pasos.

Seleccione Opciones / Compiler / Chip, como se muestra en la figura 4.4.

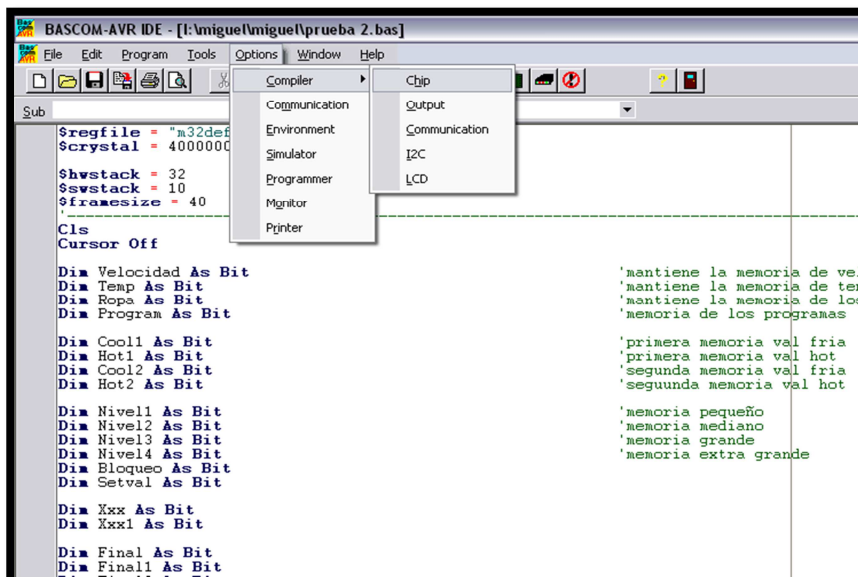


Fig. 4.4 Pantalla para ingresar al compilador.

El chip que va a ser empleado en este proyecto, ya que cumple con nuestras necesidades es el ATMEGA 32, es seleccionado en la pantalla que se muestra en la figura 4.5:

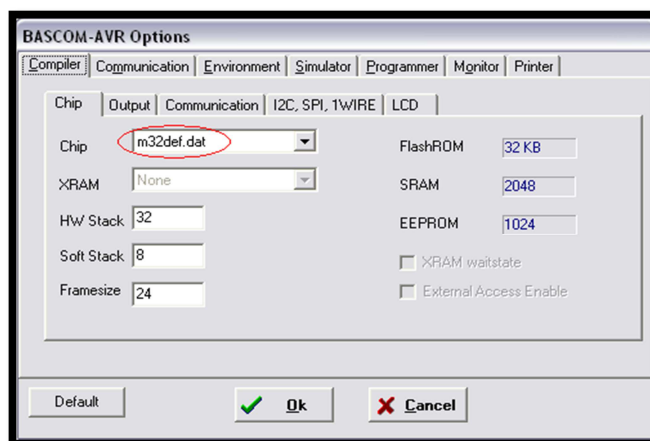


Fig. 4.5 Pantalla para ingresar el chip a emplearse.



Ahora, seleccione la pestaña de Comunicación como se muestra en la figura 4.6. en donde se selecciona el cristal interno con el cual va a operar el microcontrolador:

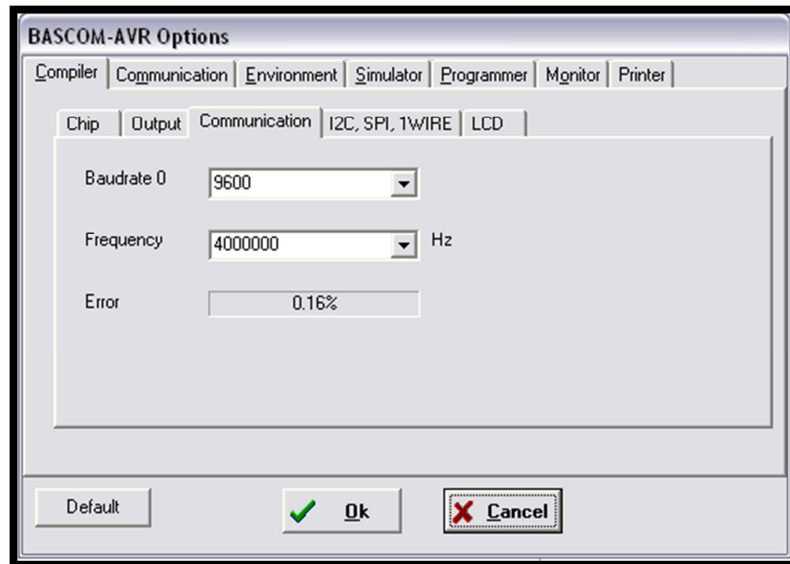


Fig. 4.6 Pantalla de comunicación para seleccionar la frecuencia del cristal interno.

Por defecto, la velocidad de reloj es de 4MHz, y será la que usemos para este proyecto ya que es la que más se adapta a las características de éste proyecto.

Después se guarda el archivo, seleccione Program / Compile (F7) como se muestra en la figura 4.7.

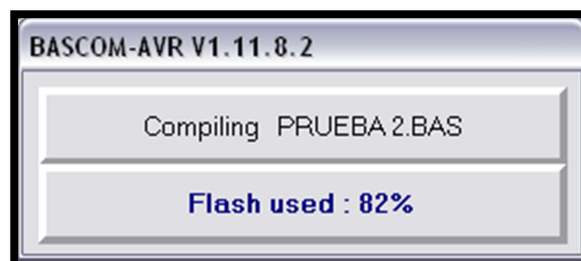


Fig. 4.7 Pantalla del compilador.

### 4.3. PROGISP (Versión 1.6.7) <sup>[19]</sup>

Este programador se utiliza para transferir el programa realizado en el Bascom AVR en el microcontrolador ATMEGA 32. En la figura 4.8. se puede observar la ventana principal del PROGISP:

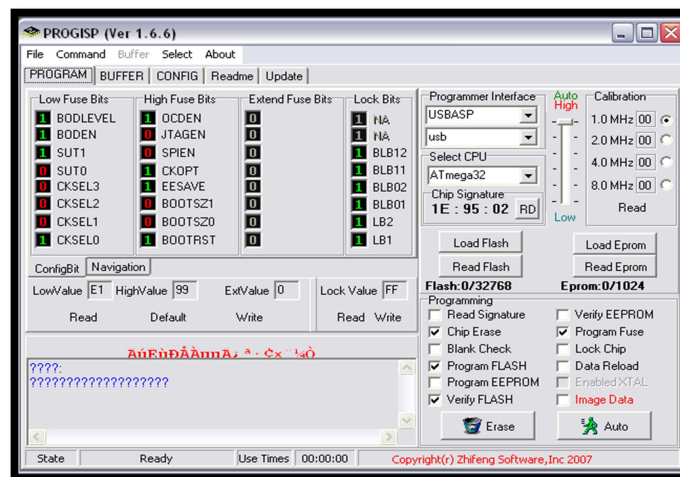


Fig. 4.8 Ventana principal del PROGISP

Al compilar el programa vamos a obtener diferentes archivos generados por Bascom AVR, se va a utilizar el archivo con la extensión .hex que llevará el mismo nombre del archivo .Bas ubicado en la misma carpeta que fue seleccionada anteriormente.

#### 4.3.1. Grabación del programa en el microcontrolador

El programador PROGISP y los respectivos drivers para poder conectar el circuito, es decir el microcontrolador, vía USB a nuestro computador.

Tenemos que configurar el programador para nuestro microcontrolador en éste caso el microcontrolador ATMEGA 32 se lo configura de la siguiente manera cuando es utilizado por primera vez:

- Primero se elige el microcontrolador a utilizar en la opción Select CPU, en éste caso se elige el microcontrolador ATMEGA 32, como se puede observar en la figura 4.9:

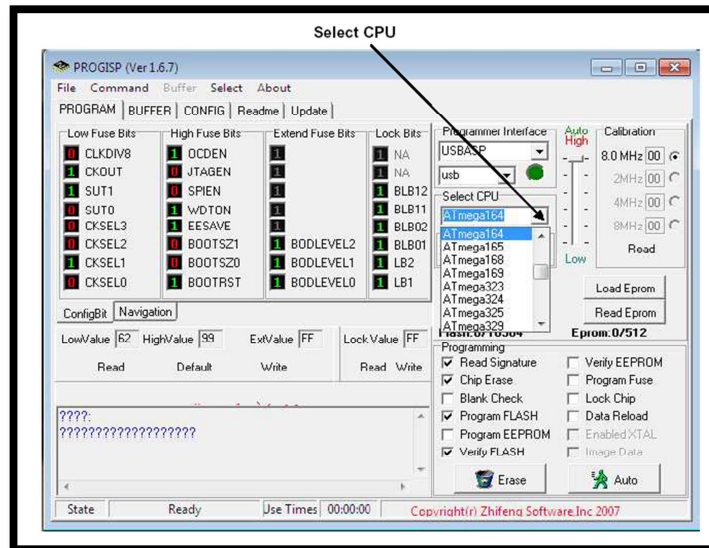


Fig. 4.9 Selección del microcontrolador

- Luego se escoge la opción Navigation, en donde aparece una ventana con varias opciones que por default el programa va a tener activadas como se observa en la figura 4.10:

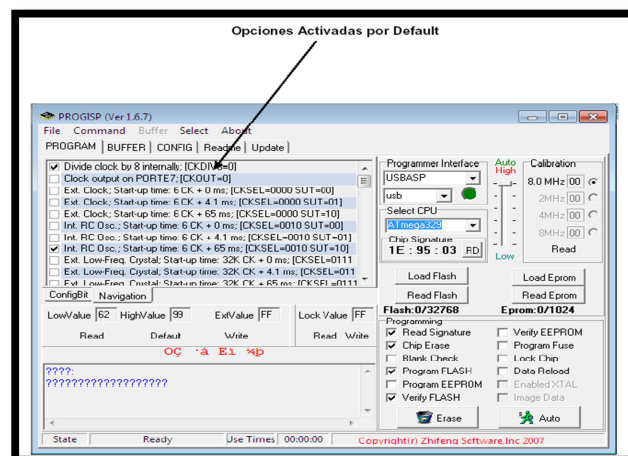


Fig. 4.10 Opción Navigation

#### 4.4. Descripción del programa del microcontrolador Atmega 32 para el control de la lavadora

El programa desarrollado para nuestro propósito consta de un programa matriz el cual tiene varios subprogramas en el mismo, los cuales se explicará en detalle a continuación. Debemos tomar en cuenta que el programa tiene instrucciones propias de BASCOM AVR que nos facilita el manejo del LCD entre otras aplicaciones.

Para mayor facilidad el programa automáticamente selecciona un color para cada clase de texto, de esta manera tenemos de color azul las instrucciones, otro color que emplea el programa es el verde el cual nos indica que el texto a continuación es un comentario, para que se reconozca como comentario debe estar antepuesto por comilla ('), el color negro en las letras del texto nos representa que son direcciones, como subprogramas, posiciones en el LCD o Bit o byte que son direcciones internas de la memoria del microcontrolador, el último color que usa el programa es el color rojo el mismo que nos representa los pines del microcontrolador empleado es decir los puertos y además los registros. Para entender lo antes mencionado se puede ver en la figura 4.11 los colores de cada uno de los textos.

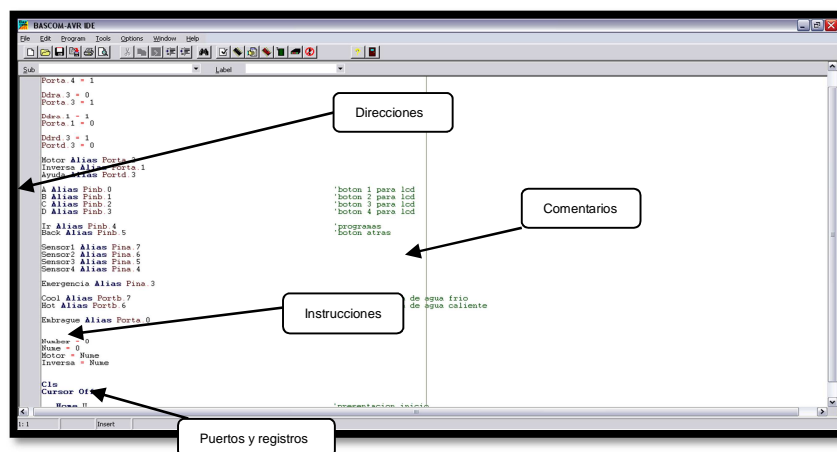


Fig. 4.11 colores del texto de Bascom AVR.

#### 4.4.1. Encabezado

En el inicio del programa se coloca los parámetros que describe el funcionamiento del micro controlador y en éste caso de la lavadora de ropa. A continuación en la figura 4.12. se indica los parámetros que forman parte del encabezado del programa:

```
$crystal = 4000000  
$hwstack = 32  
$swstack = 10  
$framesize = 40
```

Fig. 4.12 Parámetros del funcionamiento del microcontrolador.

En la primera línea tenemos la instrucción \$crystal la cual nos indica a qué velocidad va a operar el microcontrolador, es decir que en programa será revisado por el microcontrolador con una frecuencia de 4000000Hz y todas las demás instrucciones funcionan a esta velocidad.

En la segunda línea tenemos la instrucción \$hwstack que tiene relación con las siguientes líneas \$swstack, \$framesize ya que estas nos sirve para los programas que tienen variables DIM en su aplicación que requiere memoria RAM o espacio de memoria SRAM. Sin embargo, una aplicación necesita más espacio de memoria RAM y para esto están estas funciones.

La instrucción \$hwstack que habita en la SRAM cada vez que el programa se dirija a un SUB o función, o utilizar la instrucción GOSUB, el procesador necesita saber en qué dirección se detuvo el programa para regresar a la dirección del programa en donde recibió la llamada. También para el remite después de interrumpir el programa es necesario ya que por seguridad al momento que se abre la puerta de la lavadora esta debe detenerse y con ella paralizar el programa es decir el ciclo de lavado. Para este fin, el procesador guarda esta dirección en el stack del hardware.

Cuando se utiliza la etiqueta GOSUB, el microprocesador lleva la dirección de retorno en el stack del hardware y se utilizan 2 bytes para eso. La mayoría de los estados utilizan HW stack debido a una rutina de lenguaje de máquina.

Para este propósito es necesaria la inclusión de una biblioteca especial denominada "stackcheck.lib" a su código.

A continuación, se ejecuta la aplicación, y en algún lugar de su código se guarda el valor de la variable `_hw_lowest` generado.

Esta variable se establece en `0xFFFF` y cada vez que se realiza una llamada, el stack se compara con este valor. Por supuesto, es importante que la aplicación se ejecute todo el código. Para determinar el espacio real que se necesita que se reste del valor `stacktop`.

Para el softstack lo mismo se aplica. Se guardará el más bajo de `Y-pointer` de valor a variable llamada `_sw_lowest`.

#### **4.4.2. Declaración de pines empleados del microcontrolador**

El microcontrolador usado es el Atmega 32 el mismo que tiene 4 grupos de puertos, cada uno de 8 puertos que se puede definir como entradas o salidas.

Para éste caso se agrupó los puertos de acuerdo a la ubicación en el microcontrolador que se lo puede ver en la distribución de pines del mismo y también al uso que se le va a dar para que facilite la construcción de la Baquelita y la colocación de los circuitos adicionales a la placa.

Para esta finalidad se usa el comando `DDR` el cual siempre va acompañado del comando `Port` entre estos dos comandos se relaciona una combinación binaria la cual va a definir el estado del pin como se ve en la tabla 4.1. a continuación:

DDRX	PORTX	E/s	Pull up	Comment
0	0	Entrada	No	Alta impedancia
0	1	Entrada	Si	PBn
1	0	Salida	No	Push-pull Salida en Cero
1	1	Salida	no	Push-pull Salida en uno

Tabla 4.1 Descripción del comando Ddr y Port

Para éste circuito se ha empleado dos estados fundamentales, estos son la salida en cero, es decir que el estado inicial del pin es cero lógico y la entrada PBn que produce el cambio de estado al momento que recibe cero lógico en la entrada como se muestra en la figura 4.13.

```

DDRA.2 = 1
PORTA.2 = 0

DDRB = &B11000000
PORTB = &B00111111

DDRA.0 = 1
PORTA.0 = 0

DDRB.6 = 1
PORTB.6 = 0

DDRB.7 = 1
PORTB.7 = 0

DDRA.7 = 0
PORTA.7 = 1

DDRA.6 = 0
PORTA.6 = 1

DDRA.5 = 0
PORTA.5 = 1

DDRA.4 = 0
PORTA.4 = 1

DDRA.3 = 0
PORTA.3 = 1

DDRA.1 = 1
PORTA.1 = 0

DDRD.3 = 1
PORTD.3 = 0

Motor Alias PORTA.2
Inversa Alias PORTA.1
Ayuda Alias PORTD.3

A Alias PINB.0
B Alias PINB.1
C Alias PINB.2
D Alias PINB.3

Ir Alias PINB.4
Back Alias PINB.5

Sensor1 Alias PINA.7
Sensor2 Alias PINA.6
Sensor3 Alias PINA.5
Sensor4 Alias PINA.4

Emergencia Alias PINA.3

Cool Alias PORTB.7
Hot Alias PORTB.6

Embrague Alias PORTA.0

```

Figura 4.13 Estados fundamentales del programa

Además para el mejor manejo del programa se utiliza un nombre para el puerto mediante el comando Alias que designa un nombre definido por el programador que facilitará la programación.

El puerto A2 será la salida para el motor, el puerto A1 será la salida cuando el motor tenga que invertir el giro, los puertos B0, B1, B2, B3 serán los pulsadores que me representarán cada una de las opciones que se desplieguen en el LCD, por ser entradas se definen como Pinb.x, los puertos B4, B5 serán dos pulsadores que representarán la opción de siguiente y atrás respectivamente para comodidad del usuario, los puertos A7, A6, A5, A4 son las entradas de los sensores de nivel, el puerto A3 será una entrada adicional de la puerta de la lavadora, los puertos B7, B6 serán las salidas para las electroválvulas la primera la válvula de agua fría y la segunda la válvula de agua caliente respectivamente, el puerto A0 será el encargado de accionar el embrague de la lavadora de ropa.

Los puertos de LCD se encuentran en el grupo D siendo los siguientes puertos los que operan al LCD, Enable portD.0, el RS es el portD.1 el DB7 es el portD.7, DB6 es el portD.6, DB5 es el portD.5, DB4 es el portD.4.

El último puerto utilizado es el Int0 que es el puerto D2 para la puerta de la lavadora.

#### **4.4.3. Declaración de variables**

La declaración de variables es la parte del programa en donde se define ciertas referencias del programa, las mismas que pueden ser cambiadas su valor lógico, y que permiten variar ciertas partes del programa, estas pueden ser por un tiempo determinado o como en este caso pueden ser bites que cambian su valor de acuerdo a las condiciones del programa y las condiciones que el usuario requiera.



Las variables usadas en este programa se definen como la instrucción Dim y luego el nombre asignado a la variable, este nombre será el mismo que utilizará para cuando se mencione la variable para su uso en el programa, y luego el espacio en la memoria del microcontrolador, cuando se use como bit, tiene dos valores lógicos 0 y 1, cuando se usa como byte tiene un espacio de 0 a 255 bytes, como Word tiene un valor de una palabra.

Para asegurar un correcto funcionamiento de la lavadora de ropa se define el valor lógico de la variable. Hemos colocado todas las variables en 0 lógico como se indica en la figura 4.13 para que estas no causen un dato contrario al que deben cumplir de acuerdo a las condiciones del programa.

```

Dim Velocidad As Bit      Velocidad = 0
Dim Temp As Bit          Temp = 0
Dim Ropa As Bit          Ropa = 0
Dim Program As Bit      Program = 0

Dim Cool1 As Bit        Cool1 = 0
Dim Hot1 As Bit         Hot1 = 0
Dim Cool2 As Bit        Cool2 = 0
Dim Hot2 As Bit         Hot2 = 0

Dim Nivel1 As Bit       Nivel1 = 0
Dim Nivel2 As Bit       Nivel2 = 0
Dim Nivel3 As Bit       Nivel3 = 0
Dim Nivel4 As Bit       Nivel4 = 0
Dim Bloqueo As Bit      Bloqueo = 0
Dim Xxx As Bit          Xxx = 0
Dim Xxx1 As Bit         Xxx1 = 0

Dim Final As Bit        Final = 0
Dim Final1 As Bit       Final1 = 0
Dim Final2 As Bit       Final2 = 0
Dim Final3 As Bit       Final3 = 0
Dim B1 As Bit           B1 = 0
Dim C1 As Bit           C1 = 0
Dim D1 As Bit           D1 = 0
Dim Motor1 As Bit       Motor1 = 0

Dim Miguel As Word      Miguel = 10

```

Figura 4.14 Valor lógico de las variables

#### 4.4.4. Función interruptor

El las condiciones del funcionamiento de la lavadora de ropa es indispensable que cuando esté operando, esta sea capaz de detenerse en el momento que se abra su puerta. Para que este objetivo se pueda lograr es necesario que el microcontrolador detenga el ciclo de lavado, pero a su vez no receté el mismo, para que cuando se vuelva a cerrar la puerta de la lavadora el equipo continúe con el tiempo restante del ciclo de lavado en la etapa donde se había quedado como se muestra en la figura 4.15.

```

Config INTO = Falling
Dim Nume As Word
Dim Number As Word
On INTO Stopbutton
Enable Interrupts
Disable INTO
Number = 0
Nume = 0
Motor = Nume
Inversa = Nume

```

Figura 4.15 Función interruptor

La función que nos permite detener el programa es la función Interruptor ya que funciona como un interruptor electromecánico, cuando esté encendido se acciona el elemento y cuando está apagado se apaga el elemento. Para este caso el microcontrolador consta con dos pines el pin Int0 y el pin Int1, el primero se activa con la señal de cero lógico y el segundo con la señal de uno lógico. Para la puerta se necesita una señal y se optó por la Int0.

En la primera línea se configura al pin Int0 habilitándolo con el parámetro falling, una vez que ya está activado. En la segunda línea se crea una variable a la cual se le ha denominado nume, esta variable es la encargada de revisar cada segundo el estado del programa y el estado de la puerta. En la siguiente línea se coloca otra variable, number, que será la encargada de indicar el tiempo de lavado en el LCD de los diferentes ciclos de lavado. En la siguiente línea se coloca la condición cuando Int0 se encuentre activado que acción realizará, para nuestro caso este tiene un subprograma. En la siguiente línea se encuentra la variable enable Interrupts, que permite que funcione los puertos como

interruptores y en la última línea se deshabilita a el puerto Int0 para que no funcione la puerta de la lavadora de ropa hasta cuando ya entre en funcionamiento el motor de la máquina.

#### **4.4.5. Presentación inicial**

Cuando se inicia el programa de la lavadora de ropa este presenta un texto en la pantalla del LCD, el cual solo aparece cuando se energiza a la máquina.

Para este objetivo se ha utilizado la instrucción `cls`, la cual deja en blanco toda la pantalla para que no aparezcan símbolos erróneos.

A continuación utilizamos la instrucción `Cursor off`, la cual apaga el cursor de la pantalla, una vez que la pantalla esta en blanco corre el texto, para esto se selecciona la ubicación exacta con el comando `Home` luego se debe colocar la ubicación mediante las direcciones `Upper` que se representa con la letra `U` y direcciona el texto en la primera fila del LCD. La segunda fila se direcciona con la instrucción `Lower` que se representa con la letra `L`, la tercera fila se direcciona con la instrucción `Third` que se representa con la letra `T` y la cuarta fila se direcciona con la instrucción `Fourth` que se representa con la letra `F`.

La última instrucción que usamos para la presentación inicial es el comando para establecer el tiempo, este comando puede ser `wait`, cuando el número a continuación será segundos, cuando se utiliza `waitms` el número a continuación será en milisegundos, cuando se utiliza `waitus` el número a continuación será microsegundos o en este caso una variable con el nombre `Miguel` que tiene un valor de 350 y como utilizamos `waitms Miguel` será 350 milisegundos de espera como se indica en la figura 4.15.

```

Cls
Cursor Off

Home U
Lcd "*****"
Home L
Lcd "      LAVADORA      "
Home T
Lcd "      DE ROPA      "
Home F
Lcd "*****"
Waitms Miguel
Cls

Home U
Lcd "*****"
Home L
Lcd " ESCUELA POLITECNICA"
Home T
Lcd "      NACIONAL      "
Home F
Lcd "*****"
Waitms Miguel
Cls

```

Figura 4.15 Presentación inicial del LCD de la lavadora

#### 4.4.6. Programa de la lavadora de ropa

El programa de la lavadora de ropa está encerrado en la instrucción Do, Loop que permite que el programa se encierre y se maneje solo en este lazo del programa, además consta de 4 subprogramas los cuales son definidos con la instrucción gosub como se muestra en la figura 4.16. El primer subprograma es el que se encarga de la velocidad de lavado, el segundo subprograma es el que se encarga de definir la temperatura del agua, el tercer subprograma es el que se encarga de seleccionar el tamaño de ropa que se va a lavar y el último subprograma es donde se selecciona los programas preestablecidos de lavado de ropa.

Además si el usuario prende la lavadora de ropa, y deja encendida la lavadora el programa corre un mensaje con la finalidad de crear un entorno entretenido y llamativo al sistema.

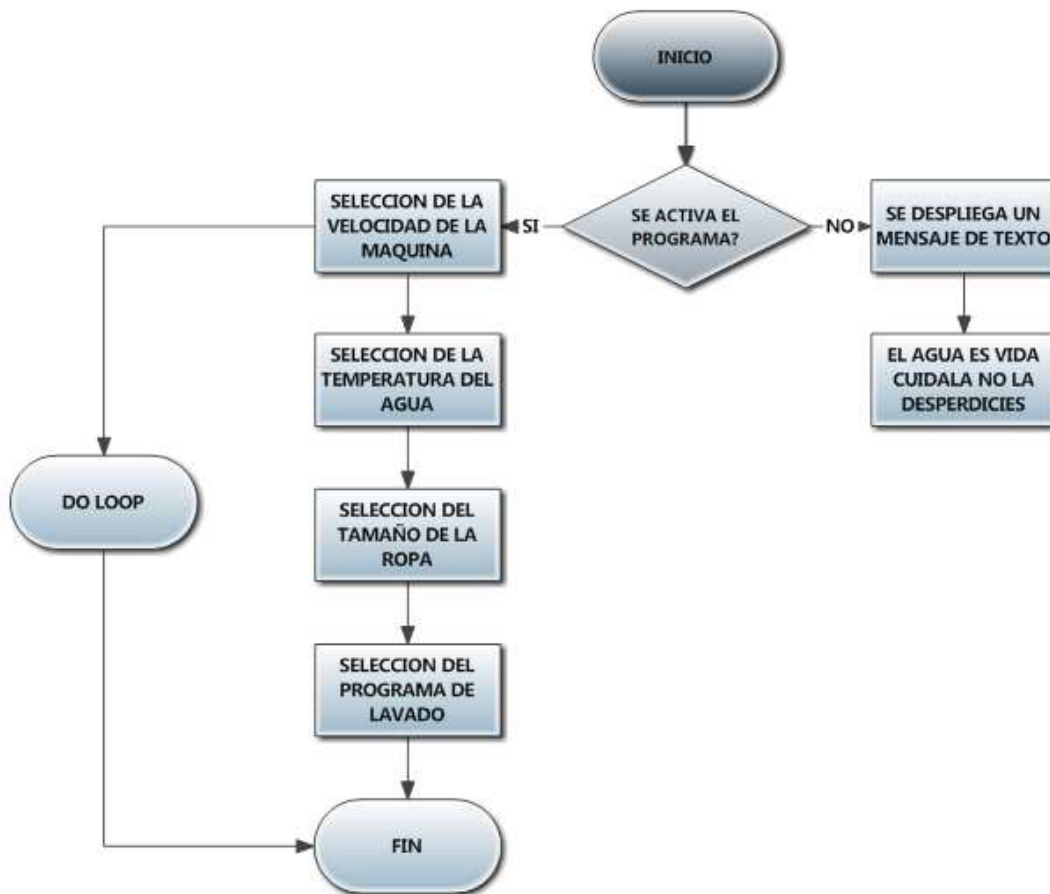


Figura 4.16 Programa de la lavadora de ropa

Para que suceda esto el mensaje debe cumplir una condición la cual se define con la declaración If- then. Esta declaración sirve de condicionante, si es verdadera ejecuta el mensaje que dura 350 milisegundos que sigue ha la declaración “then”, si no cumple estas condiciones continua con las siguientes etapas del programa.

#### 4.4.6.1. Subprograma para seleccionar la velocidad de la lavadora de ropa

El subprograma que define la velocidad de la lavadora se lo ha denominado speed.

Este subprograma será la primera opción que tendrá el usuario para programar, en este sector antes que pueda continuar debe existir varias condiciones que le indican al microcontrolador que vamos a programar la velocidad, para esta finalidad usamos la declaración if-then.

La declaración if-then consta de dos etapas, en la primera se especifica las condiciones es decir las variables (velocidad, temp, ropa, program) el puerto B4 es igual a cero, entonces si eso es verdad se ejecuta la operación que sigue del then y si es falsa a la siguiente línea después del then. Si cumple la condición lo primero que sucede es cambiar el valor lógico de la variable velocidad a uno lógico y asegurar que la variable temp esté en cero para habilitar la siguiente función que brinda el programa. Para regresar a la opción siguiente, como es el primer subprograma, regresará a la presentación.

En la pantalla tenemos una presentación inicial que dura 350 milisegundos, a continuación se presenta en la pantalla dos opciones, es decir dos velocidades para seleccionar Lento y Rápido. Hay que recordar que tenemos 4 botones que sirven como selectores y cada uno representa una fila del LCD. Para la primera opción tenemos habilitadas el botón B para lento y el botón C para rápido, cuando se selecciona cualquiera de estas velocidades mientras se esté trabajando en este subprograma se puede cambiar cualquiera de las dos opciones hasta definir la adecuada, además se indica de otra forma en la pantalla cuando una opción ha sido seleccionada. Cuando se presione el botón de siguiente y se ingrese a otro subprograma este guarda el valor obtenido, mediante combinación de variables.

En este subprograma para lograr controlar la velocidad se maneja el puerto A0 que controla a un relé, el mismo que va a accionar el embrague cuando se seleccione la velocidad lenta o deshabilitar el mismo cuando se seleccione la opción rápido. Para finalizar el programa se utiliza la consigna Return que permite regresar al programa principal de la lavadora de ropa, como indica la figura 4.17.

```

Speed:
If Ir = 0 And Velocidad = 0 And Temp = 0 And Ropa = 0 And Program = 0 Then
    Velocidad = 1
    Temp = 0

    Cls
    Lcd "/////////"
Home L
    Lcd "      VELOCIDAD      "
Home T
    Lcd "      DE LA MAQUINA    "
Home F
    Lcd "/////////"
    Waitms Miguel

    Cls
Home U
    Lcd "/////////"
Home L
    Lcd " >LENTO"
Home T
    Lcd " >RAPIDO"
Home F
    Lcd "/////////"

End If
If Back = 0 And Velocidad = 1 And Temp = 0 Then
    Velocidad = 0
    Temp = 0
    Reset Embrague
    Goto Inicio
End If

    If B = 0 And Velocidad = 1 Then
        Set Embrague
        Cls
Home U
        Lcd "/////////"
Home L
        Lcd "      LENTO      "
Home F
        Lcd "/////////"
        Waitms Miguel
        Cls
Home U
        Lcd "/////////"
Home L
        Lcd "      LENTO"
Home T
        Lcd " >RAPIDO"
Home F
        Lcd "/////////"
        End If

    If C = 0 And Velocidad = 1 Then
        Reset Embrague

        Cls
Home U
        Lcd "/////////"
Home L
        Lcd "      RAPIDO      "
Home F
        Lcd "/////////"
        Waitms Miguel
        Cls
Home U
        Lcd "/////////"
Home L
        Lcd " >LENTO"
Home T
        Lcd "      RAPIDO"
Home F
        Lcd "/////////"
        End If

Return

```

Figura 4.17 Subprograma - Velocidad

#### **4.4.6.2. Subprograma para seleccionar la temperatura del agua**

El subprograma que define la temperatura del agua se lo ha denominado clima. Este subprograma será la segunda opción que tendrá el usuario para programar. Para la declaración if-then en este subprograma se pone como condiciones que las variables velocidad sea igual a uno, temp, ropa, program y el puerto B4 sea igual a cero.

Si cumple la condición lo primero que sucede en el subprograma, es que el valor lógico de la variable velocidad toma el valor de cero lógico y temp a uno lógico, para habilitar la siguiente función que brinda el programa, el cual es regresar a la opción anterior, ya que es el segundo subprograma regresará al subprograma speed, es decir el programa donde se define la velocidad de la máquina con las condiciones iniciales del mismo.

En la pantalla tenemos una presentación inicial que dura 350 milisegundos, a continuación se presenta en la pantalla tres opciones, es decir tres niveles de temperatura para seleccionar: frío, tibio y caliente. Para la primera opción tenemos habilitados el botón A en la opción frío, el botón B para tibio y el botón C para la opción caliente. Cuando se selecciona cualquiera de estas temperaturas mientras se esté trabajando en este subprograma se puede cambiar cualquiera de las tres opciones hasta definir la adecuada, además se indica de otra forma en la pantalla cuando una opción ha sido seleccionada, cuando se presione el botón de siguiente y se ingrese a otro subprograma este guarda el valor obtenido, mediante combinación de variables.

Es indispensable seleccionar una de estas opciones, ya que estas activan las electroválvulas, si no existe agua no se puede lavar la ropa, por este motivo si el programa no ha cambiado el valor de la variable cool1 que representa la electroválvula de agua fría o la variable hot1 que representa la electroválvula de agua caliente o xxx que representa las dos electroválvulas para obtener agua tibia con la mezcla del agua fría y caliente, estas tres variables son almacenadas en la



memoria Ram del microcontrolador para ser usadas luego cuando se seleccione el programa de lavado, es decir en el último subprograma, al inicio de cualquier programa de lavado. Para que esto se pueda cumplir es necesario crear una condición usando la consigna if-then en donde las variables ropa, velocidad, hot1, cool1, xxx son igual a cero, temp es igual a uno además el puerto B4 se encuentra en cero lógico. Se despliega un mensaje en el LCD que indica que no se ha seleccionado ninguna opción durante 350 milisegundos y regresa a la pantalla de opciones del subprograma clima para que se seleccione una opción y poder continuar.

Para finalizar el programa se utiliza la consigna Return que me permite regresar al programa principal de la lavadora de ropa como se indica en la figura 4.18.

```

Clima:
If Ir = 0 And Velocidad = 1 And Temp = 0 And Ropa = 0 And Program = 0 Then
  Cls
  Lcd "////////////////////"
  Home L
  Lcd "      TEMPERATURA      "
  Home T
  Lcd "      DEL AGUA        "
  Home F
  Lcd "////////////////////"
  Waitms Miguel

  Cls
  Home U
  Lcd " >FRIO"
  Home L
  Lcd " >TIBIO"
  Home T
  Lcd " >CALIENTE"
  Home F
  Lcd "////////////////////"
  Velocidad = 0
  Temp = 1

End If

If Back = 0 And Velocidad = 0 And Temp = 1 Then
  Velocidad = 1
  Temp = 0
  Cool1 = 0
  Hot1 = 0
  Reset Embrague
  Cls
  Lcd "////////////////////"
  Home L
  Lcd "      VELOCIDAD      "
  Home T
  Lcd "      DE LA MAQUINA  "
  Home F
  Lcd "////////////////////"
  Waitms Miguel

```

```

Cls
Home U
Lcd "/////////////////////////////////"
Home L
Lcd " >LENTO"
Home T
Lcd " >RAPIDO"
Home F
Lcd "/////////////////////////////////"
Goto Speed
End If

If A = 0 And Temp = 1 And Velocidad = 0 Then
  Cool1 = 1
  Hot1 = 0
  Xxx = 0
  Cls
  Home U
  Lcd "/////////////////////////////////"
  Home L
  Lcd "          FRIO          "
  Home F
  Lcd "/////////////////////////////////"
  Waitms Miguel
  Cls
  Home U
  Lcd "          FRIO"
  Home L
  Lcd " >TIBIO"
  Home T
  Lcd " >CALIENTE"
  Home F
  Lcd "/////////////////////////////////"
End If

If B = 0 And Temp = 1 And Velocidad = 0 Then
  Cool1 = 0
  Hot1 = 0
  Xxx = 1
  Cls
  Home U
  Lcd "/////////////////////////////////"
  Home L
  Lcd "          TIBIO          "
  Home F
  Lcd "/////////////////////////////////"
  Waitms Miguel
  Cls
  Home U
  Lcd ">FRIO"
  Home L
  Lcd "          TIBIO"
  Home T
  Lcd " >CALIENTE"
  Home F
  Lcd "/////////////////////////////////"
End If

If C = 0 And Temp = 1 And Velocidad = 0 Then
  Cool1 = 0
  Hot1 = 1
  Xxx = 0
  Cls
  Home U
  Lcd "/////////////////////////////////"
  Home L
  Lcd "          CALIENTE          "
  Home F
  Lcd "/////////////////////////////////"
  Waitms Miguel
  Cls
  Home U
  Lcd ">FRIO"
  Home L
  Lcd ">TIBIO"
  Home T
  Lcd "          CALIENTE"
  Home F
  Lcd "/////////////////////////////////"
End If

```

```

If Ir = 0 And Ropa = 0 And Temp = 1 And Velocidad = 0 And Hot1 = 0 And Cool1 = 0 And Xxx = 0 Then
Cls
Lcd "////////////////////"
Home L
Lcd " SELECCIONE UNA "
Home T
Lcd " OPCION "
Home F
Lcd "////////////////////"
Waitms Miguel
Cls
Home U
Lcd " >FRIO"
Home L
Lcd " >TIBIO"
Home T
Lcd " >CALIENTE"
Home F
Lcd "////////////////////"
End If
Return

```

Figura 4.18 Subprograma - Temperatura

#### 4.4.6.3. Subprograma para seleccionar el tamaño de la ropa

El subprograma que define el tamaño de la ropa se lo ha denominado clothier.

Este subprograma será la tercera opción que tendrá el usuario para programar.

Este subprograma puede cumplir tres condiciones, en cada una de estas opciones se conjugará con el valor seleccionado por el usuario que representa la temperatura del agua deseada y otras condiciones como se indica en la figura 4.19.

En la opción agua caliente la declaración if-then queda de la siguiente manera, se pone como condiciones que las variables, temp sea igual a uno, velocidad, ropa, hot1 y el puerto B4 sea igual a cero.

En la opción agua fría la declaración if-then queda de la siguiente manera, se pone como condiciones que las variables, temp sea igual a uno, velocidad, ropa, cool1 y el puerto B4 sea igual a cero.

En la opción agua tibia la declaración if-then queda de la siguiente manera, se pone como condiciones que las variables, temp sea igual a uno, velocidad, ropa, xxx y el puerto B4 sea igual a cero.

Si es verdadera cualquiera de estas opciones va al subprograma “inicionivel” que se explicará a continuación.

Clother:

```

If Ir = 0 And Ropa = 0 And Temp = 1 And Velocidad = 0 And Hot1 = 1 Then
  Gosub Inicionivel
End If

If Ir = 0 And Ropa = 0 And Temp = 1 And Velocidad = 0 And Cool1 = 1 Then
  Gosub Inicionivel
End If

If Ir = 0 And Ropa = 0 And Temp = 1 And Velocidad = 0 And Xxx = 1 Then
  Gosub Inicionivel
End If

```

Figura 4.19 Subprograma – Tamaño de ropa

Cuando el subprograma “inicionivel” ya ha corrido se encuentra la siguiente función que brinda el programa, la cual regresa a la opción anterior, como es el tercer subprograma regresará al subprograma clima, es decir el programa donde se define la temperatura de la máquina con las condiciones iniciales del mismo esto sucede presionando el botón atrás que está ubicado en el puerto B5 y en el programa con el nombre de back como se muestra en la figura 4.20.

```

If Back = 0 And Ropa = 1 And Temp = 0 And Velocidad = 0 Then
Ropa = 0
Velocidad = 0
Temp = 1
Cool1 = 0
Hot1 = 0
Xxx = 0
Cool2 = 0
Hot2 = 0
  Cls
  Lcd "////////////////////"
  Home L
  Lcd "    TEMPERATURA    "
  Home T
  Lcd "    DEL AGUA    "
  Home F
  Lcd "////////////////////"
  Waitms Miguel

  Cls
  Home U
  Lcd " >FRIO"
  Home L
  Lcd " >TIBIO"
  Home T
  Lcd " >CALIENTE"
  Home F
  Lcd "////////////////////"
End If

```

Figura 4.20 Subprograma – Inicio nivel

El subprograma presenta cuatro opciones de selección de ropa, pequeña, mediana, grande y extra grande. Estas opciones hacen referencia a los sensores de nivel, cuando se selecciona ropa pequeña se selecciona el sensor 1 que se encuentra en la parte superior es decir el más cercano a la tapa de la lavadora ya que entra más cantidad de ropa y se necesita más agua para el proceso de lavado. Cuando se selecciona la opción ropa mediana se activa el sensor 2 ubicado a continuación del sensor 1. Cuando se presiona la opción ropa grande se activa el sensor 3 ubicado a continuación del sensor 2. Por último cuando se selecciona la opción ropa extra grande ésta activa el sensor 4 que está cerca de la superficie del tanque de la lavadora de ropa, ya que como son prendas grandes entran pocas en el tanque de lavado por este motivo se usa menos agua.

Los valores que se conjugan en este subprograma son los siguientes: variables cool2 a uno, es una variable que depende de la variable cool1 pero no interfiere con su valor dado en el subprograma clima, la variable hot2 cumple la misma función que cool2 pero para hot1 la variable xxx1 es similar que hot2 y cool2 pero

para xxx, las variables nivel1, nivel2, nivel3, nivel4 son bits que se activarán de acuerdo al nivel establecido, de tal manera que para pequeño nivel1, mediano nivel2, grande nivel3 y extra grande nivel4. Las variables se colocarán en uno lógico dependiendo de la opción seleccionada por el usuario, mientras que las demás serán cero lógico, estos bits son almacenados en la memoria Ram del microcontrolador para el uso en programa de lavado.

Los puertos A4, A5, A6 y A7 que son los puertos del microcontrolador para los sensores juegan un papel importante ya que en caso que se pase al siguiente subprograma se activan las electroválvulas automáticamente ingresando agua al tanque de la máquina.

Si transcurre el tiempo necesario como para que se llene el tanque hasta el nivel seleccionado por el usuario, mediante el tamaño de ropa, y se pretende nuevamente seleccionar el tamaño de ropa mediante la tecla back, el programa limita al usuario a seleccionar solamente niveles superiores debido a que por el nivel del agua los sensores se encuentran activados, indicando para los demás niveles una señal de advertencia en la pantalla, para esta etapa se a orientado a un subprograma diferente.

Al momento que se pulsa el botón A, es decir la opción ropa pequeña para este existen tres consignas que dependen del valor seleccionado para las electroválvulas. Cuando se encuentra seleccionado el nivel frío en la consigna if-then se considera las siguientes variables, ropa y cool1 en uno lógico, velocidad y temp en el valor de cero lógico. Cuando se encuentra seleccionado el nivel caliente en la consigna if-then se considera las siguientes variables, ropa y hot1 en uno lógico, velocidad y temp en el valor de cero lógico. Cuando se encuentra seleccionado el nivel tibio en la consigna if-then se considera las siguientes variables, ropa y xxx en uno lógico, velocidad, temp en el valor de cero lógico y que el sensor1 se encuentre en 1 lógico es decir desactivado para las tres

opciones. Cuando cumple con cualquiera de estas opciones se activa el subprograma Pequenio como se muestra en la figura 4.21.

```

If A = 0 And Ropa = 1 And Velocidad = 0 And Temp = 0 And Sensor1 = 1 And Cool1 = 1 Then
  Gosub Pequenio
  Cool2 = 1
  Hot2 = 0
  Xxx1 = 0
  Nivel1 = 1
  Nivel2 = 0
  Nivel3 = 0
  Nivel4 = 0
End If

If A = 0 And Ropa = 1 And Velocidad = 0 And Temp = 0 And Sensor1 = 1 And Hot1 = 1 Then
  Gosub Pequenio
  Hot2 = 1
  Cool2 = 0
  Xxx1 = 0
  Nivel1 = 1
  Nivel2 = 0
  Nivel3 = 0
  Nivel4 = 0
End If

If A = 0 And Ropa = 1 And Velocidad = 0 And Temp = 0 And Sensor1 = 1 And Xxx = 1 Then
  Gosub Pequenio
  Xxx1 = 1
  Hot2 = 0
  Cool2 = 0
  Nivel1 = 1
  Nivel2 = 0
  Nivel3 = 0
  Nivel4 = 0
End If

```

Figura 4.21 Subprograma – Pequenio

Al momento que se pulsa el botón B es decir la opción ropa mediana, para este existen tres consignas que dependen de los valores seleccionados para las electroválvulas. Cuando se encuentra seleccionado el nivel frío en la consigna if-then se considera las siguientes variables, ropa y cool1 en uno lógico, velocidad y temp en el valor de cero lógico. Cuando se ha seleccionado el nivel caliente en la consigna if-then se considera las siguientes variables, ropa y hot1 en uno lógico, velocidad y temp en el valor de cero lógico. Cuando se encuentra seleccionado el nivel tibio en la consigna if-then se considera las siguientes variables, ropa y xxx en uno lógico, velocidad, temp en el valor de cero lógico y que el sensor2 se encuentre en uno lógico es decir desactivado para las tres opciones. Cuando cumple con cualquiera de estas opciones se activa el subprograma mediano como se muestra en la figura 4.22.

```

If B = 0 And Ropa = 1 And Velocidad = 0 And Temp = 0 And Sensor2 = 1 And Cool1 = 1 Then
  Gosub Mediano
  Cool2 = 1
  Hot2 = 0
  Xxx1 = 0
  Nivel2 = 1
  Nivel1 = 0
  Nivel3 = 0
  Nivel4 = 0
End If

If B = 0 And Ropa = 1 And Velocidad = 0 And Temp = 0 And Sensor2 = 1 And Hot1 = 1 Then
  Gosub Mediano
  Hot2 = 1
  Cool2 = 0
  Xxx1 = 0
  Nivel2 = 1
  Nivel1 = 0
  Nivel3 = 0
  Nivel4 = 0
End If

If B = 0 And Ropa = 1 And Velocidad = 0 And Temp = 0 And Sensor2 = 1 And Xxx = 1 Then
  Gosub Mediano
  Xxx1 = 1
  Hot2 = 0
  Cool2 = 0
  Nivel2 = 1
  Nivel1 = 0
  Nivel3 = 0
  Nivel4 = 0
End If

```

Figura 4.22 Subprograma – Mediano

Al momento que se pulsa el botón C es decir la opción ropa mediana, para este existen tres consignas que dependen del valor seleccionado para las electroválvulas. Cuando se encuentra seleccionado el nivel frío en la consigna if-then se considera las siguientes variables, ropa y cool1 en uno lógico, velocidad y temp en el valor de cero lógico. Cuando se encuentra seleccionado el nivel caliente en la consigna if-then se considera las siguientes variables, ropa y hot1 en uno lógico, velocidad y temp en el valor de cero lógico. Cuando se encuentra seleccionado el nivel tibio en la consigna if-then se considera las siguientes variables, ropa y xxx en uno lógico, velocidad, temp en el valor de cero lógico y que el sensor3 se encuentre en uno lógico es decir desactivado para las tres opciones. Cuando cumple con cualquiera de estas opciones se activa el subprograma grande como se indica en la figura 4.23.



```

If C = 0 And Ropa = 1 And Velocidad = 0 And Temp = 0 And Sensor3 = 1 And Cool1 = 1 Then
  Gosub Grande
  Cool2 = 1
  Hot2 = 0
  Xxx1 = 0
  Nivel3 = 1
  Nivel1 = 0
  Nivel2 = 0
  Nivel4 = 0
End If

If C = 0 And Ropa = 1 And Velocidad = 0 And Temp = 0 And Sensor3 = 1 And Hot1 = 1 Then
  Gosub Grande
  Hot2 = 1
  Cool2 = 0
  Xxx1 = 0
  Nivel3 = 1
  Nivel1 = 0
  Nivel2 = 0
  Nivel4 = 0
End If

If C = 0 And Ropa = 1 And Velocidad = 0 And Temp = 0 And Sensor3 = 1 And Xxx = 1 Then
  Gosub Grande
  Xxx1 = 1
  Hot2 = 0
  Cool2 = 0
  Nivel3 = 1
  Nivel1 = 0
  Nivel2 = 0
  Nivel4 = 0
End If

```

Figura 4.23 Subprograma – Grande

Al momento que se pulsa el botón D es decir la opción ropa mediana para este existen tres consignas que dependen del valor seleccionado para las electroválvulas. Cuando se encuentra seleccionado el nivel frío en la consigna if-then se considera las siguientes variables, ropa y cool1 en uno lógico, velocidad y temp en el valor de cero lógico. Cuando se encuentra seleccionado el nivel caliente en la consigna if-then se considera las siguientes variables, ropa y hot1 en uno lógico, velocidad y temp en el valor de cero lógico. Cuando se encuentra seleccionado el nivel tibio en la consigna if-then se considera las siguientes variables, ropa y xxx en uno lógico, velocidad, temp en el valor de cero lógico y que el sensor4 se encuentre en 1 lógico es decir desactivado para las tres opciones. Cuando cumple con cualquiera de estas opciones se activa el subprograma extra como se indica en la figura 4.24.

```

If D = 0 And Ropa = 1 And Velocidad = 0 And Temp = 0 And Sensor4 = 1 And Cool1 = 1 Then
  Gosub Extra
  Cool2 = 1
  Hot = 0
  Xxx1 = 0
  Nivel4 = 1
  Nivel1 = 0
  Nivel2 = 0
  Nivel3 = 0
End If

If D = 0 And Ropa = 1 And Velocidad = 0 And Temp = 0 And Sensor4 = 1 And Hot1 = 1 Then
  Gosub Extra
  Hot2 = 1
  Cool2 = 0
  Xxx1 = 0
  Nivel4 = 1
  Nivel1 = 0
  Nivel2 = 0
  Nivel3 = 0
End If

If D = 0 And Ropa = 1 And Velocidad = 0 And Temp = 0 And Sensor4 = 1 And Xxx = 1 Then
  Gosub Extra
  Xxx1 = 1
  Hot2 = 0
  Cool2 = 0
  Nivel4 = 1
  Nivel1 = 0
  Nivel2 = 0
  Nivel3 = 0
End If

```

Figura 4.24 Subprograma – Extra

Cuando se selecciona cualquier tamaño de ropa, mientras se esté trabajando en este subprograma se puede cambiar cualquiera de las cuatro opciones hasta definir la adecuada. Además se indica de otra forma en la pantalla si una opción ha sido seleccionada, cuando se presione el botón de siguiente e ingrese a otro subprograma este guarda el valor obtenido, mediante combinación de variables.

Si se presiona siguiente sin haber seleccionado un tamaño de ropa, se va a desplegar una pantalla que dice seleccione una opción, durante 350 milisegundos y después regresa a la pantalla para seleccionar el tamaño de ropa, si el programa no cumple estas condiciones al momento que se abran las electroválvulas estas no tendrían un indicador para cortar el flujo de agua provocando que se desperdicie, por este motivo se ha creado este condicionante como una protección de posibles fallas que puedan suceder durante el proceso y que garantice un equipo confiable para el usuario.

Las variables que intervienen en esta condición son las mismas que van en la consigna if-then, es decir, ropa en uno lógico, velocidad, temp, cool2, hot2, xxx1

en cero lógico y que el botón siguiente se encuentre presionado, si se cumple estas condiciones se desplegará esta protección como se indica en la figura 4.25.

```

If Ir = 0 And Ropa = 1 And Velocidad = 0 And Temp = 0 And Cool2 = 0 And Hot2 = 0 And Xxx1 = 0 Then
  Cls
  Lcd "////////////////////"
  Home L
  Lcd "  SELECCIONE UNA  "
  Home T
  Lcd "      OPCION      "
  Home F
  Lcd "////////////////////"
  Waitms Miguel
  Cls
  Home U
  Lcd ">PEQUENIO"
  Home L
  Lcd ">MEDIANO"
  Home T
  Lcd ">GRANDE"
  Home F
  Lcd ">EXTRA GRANDE"
End If

Return

```

Figura 4.25 Protección de posibles fallas

Para finalizar el programa se utiliza la consigna Return que permite regresar al programa principal de la lavadora de ropa.

#### 4.4.6.4. Subprograma para la presentación inicial para la selección del tamaño de la ropa

El subprograma encargado de la presentación inicial para la selección del tamaño de la ropa se llama inicionivel como se muestra en la figura 4.26.

```

Inicionivel:
  Cls
  Lcd "////////////////////"
  Home L
  Lcd "      DIMENSION      "
  Home T
  Lcd " DE LA ROPA A LAVAR "
  Home F
  Lcd "////////////////////"
  Waitms Miguel

  Cls
  Home U
  Lcd ">PEQUENIO"
  Home L
  Lcd ">MEDIANO"
  Home T
  Lcd ">GRANDE"
  Home F
  Lcd ">EXTRA GRANDE"
  Ropa = 1
  Temp = 0
  Velocidad = 0
  Return

```

Figura 4.26 Subprograma – Presentación inicial

La intención de crear un subprograma para la presentación inicial se debe a que en cualquiera de las condiciones iniciales del programa se debe iniciar este. Para ahorrar espacio en la memoria del microcontrolador se crea este subprograma, el cual consta de una presentación inicial, la cual dura 350 milisegundos y a continuación se presenta la pantalla de selección de las dimensiones de la ropa, además se coloca las variables, ropa en uno lógico y se cambia el valor de las variables temp y velocidad a cero lógico con la finalidad de crear un conjunto de bits en la memoria Ram del microcontrolador, para de esta manera poder indicarle al microcontrolador que se encuentra en el tercer subprograma.

Para finalizar el programa se utiliza la consigna Return que permite regresar al subprograma clother.

#### 4.4.6.4.1. Subprograma para niveles fuera de alcance

El subprograma encargado para cuando el nivel de agua sea superior al seleccionado, ya que este va directamente relacionado con el tamaño de la ropa a lavarse se llama fuerza1 como se indica en la figura 4.27.

```
Fuerza1 :
Cls
Home U
Lcd "/////////////////////"
Home L
Lcd "   OPCION FUERA   "
Home T
Lcd "   DE ALCANCE    "
Home F
Lcd "/////////////////////"
Waitms Miguel
Cls
Home U
Lcd ">PEQUENIO"
Home L
Lcd ">MEDIANO"
Home T
Lcd ">GRANDE"
Home F
Lcd ">EXTRA GRANDE"
Return
```

Figura 4.27 Subprograma – Fuerza 1

Este programa funciona directamente con el estado de los sensores de nivel de agua y la selección del usuario como se muestra en la figura 4.28.

```

If A = 0 And Ropa = 1 And Sensor1 = 0 Then
    Gosub Fuerza1
End If
If B = 0 And Ropa = 1 And Sensor2 = 0 Then
    Gosub Fuerza1
End If

If C = 0 And Ropa = 1 And Sensor3 = 0 Then
    Gosub Fuerza1
End If

If D = 0 And Ropa = 1 And Sensor4 = 0 Then
    Gosub Fuerza1
End If

```

Figura 4.28 Sensores de nivel – Fuerza 1

Al presionar el botón D es decir la opción extra grande, la variable ropa debe estar en uno lógico ya que este indica que está en el tercer programa y cumple la condición de aquí en adelante y el sensor 1 debe estar activado es decir enviar la señal de cero lógico, en esta condición se dice cumple que para este nivel ya está lleno de agua y no se puede seleccionar porque el agua ya ha pasado este nivel.

En el caso que se seleccione la opción ropa grande, al presionar el botón C, además de que la variable ropa este en uno lógico ya que este indica que está en el tercer programa, cumple esta condición de aquí en adelante y el sensor 2 debe estar activado, es decir enviar la señal de cero lógico en esta condición, se dice cumple que para este nivel ya está lleno de agua y no se puede seleccionar porque el agua ya ha pasado este nivel.

Las mismas condiciones deben cumplirse para el caso en el que se seleccione la opción A y B es decir ropa pequeña y ropa mediana, en combinación con los sensores 3 y 4, esta opción permite realizar un sistema inteligente del nivel de agua y dimensión de la ropa que se va a lavar para que no se dañe la misma por falta de agua o se descompense la máquina por falta de carga.

#### 4.4.6.4.2. Subprograma para la opción ropa pequeña

El subprograma encargado para el caso en que se seleccione la opción pequeño se llama pequeno como se muestra en la figura 2.29.

```

Pequeno:
Cls
Home U
Lcd "/////////////////////"
Home I
Lcd "          PEQUENIO          "
Home F
Lcd "/////////////////////"
Waitms Miguel
Cls

Home U
Lcd "          >PEQUENIO"
Home I
Lcd " >MEDIANO"
Home T
Lcd " >GRANDE"
Home F
Lcd " >EXTRA GRANDE"
return

```

Figura 4.29 Subprograma – Ropa pequeña

Debido a que existen 3 posibilidades para que sea seleccionado la opción pequeño se ha decidido crear un subprograma al cual se puedan dirigir estas posibilidades y de esta manera reducir el espacio en la memoria del microcontrolador siempre y cuando cumpla con las condiciones antes expuestas.

#### 4.4.6.4.3. Subprograma para la opción ropa mediana

El subprograma encargado para el caso en que se seleccione la opción mediano se llama mediano.

```

Mediano:
Cls
Home U
Lcd "/////////////////////"
Home I
Lcd "          MEDIANO          "
Home F
Lcd "/////////////////////"
Waitms Miguel
Cls

Home U
Lcd " >PEQUENIO"
Home I
Lcd "          >MEDIANO"
Home T
Lcd " >GRANDE"
Home F
Lcd " >EXTRA GRANDE"
Return

```

Figura 4.29 Subprograma – Ropa mediana

Debido a que existen 3 posibilidades para que sea seleccionado la opción mediano se ha decidido crear un subprograma al cual se puedan dirigir estas posibilidades y de esta manera reducir el espacio en la memoria del microcontrolador siempre y cuando cumpla con las condiciones antes expuestas.

#### 4.4.6.4.4. Subprograma para la opción ropa grande

El subprograma encargado para el caso en que se seleccione la opción grande se llama grande como se indica en la figura 4.30.

```

Grande:
  Cls
  Home U
  Lcd "////////////////////"
  Home L
  Lcd "          GRANDE          "
  Home F
  Lcd "////////////////////"
  Waitms Miguel
  Cls

  Home U
  Lcd ">PEQUENIO"
  Home L
  Lcd ">MEDIANO"
  Home T
  Lcd "          >GRANDE"
  Home F
  Lcd ">EXTRA GRANDE"
  Return

```

Figura 4.30 Subprograma – Ropa grande

Debido a que existen 3 posibilidades para que sea seleccionada la opción grande se ha decidido crear un subprograma al cual se puedan dirigir estas posibilidades y de esta manera reducir el espacio en la memoria del microcontrolador siempre y cuando cumpla con las condiciones antes expuestas.

#### 4.4.6.4.5. Subprograma para la opción ropa extra grande

El subprograma encargado para el caso en que se seleccione la opción extra grande se llama extra como se muestra en la figura 4.31.

```

Extra:
  Cls
  Home U
  Lcd "/////////////////////"
  Home L
  Lcd "  EXTRA GRANDE  "
  Home F
  Lcd "/////////////////////"
  Waitms Miguel
  Cls

  Home U
  Lcd ">PEQUENIO"
  Home L
  Lcd ">MEDIANO"
  Home T
  Lcd ">GRANDE"
  Home F
  Lcd "      >EXTRA GRANDE"
Return

```

Figura 4.31 Subprograma – Ropa extra grande

Debido a que existen 3 posibilidades para que sea seleccionada la opción extra grande se ha decidido crear un subprograma al cual se puedan dirigir estas posibilidades y de esta manera reducir el espacio en la memoria del microcontrolador siempre y cuando cumpla con las condiciones antes expuestas.

#### 4.4.6.5. Subprograma para la selección del programa del lavado

El subprograma que define los programas de lavado se lo ha denominado programas.

Este subprograma será la última opción que tendrá el usuario para programar los ciclos de lavado.

Para las condiciones iniciales de este subprograma puede cumplir tres condiciones, en cada una de estas opciones se conjugará con el valor seleccionado por el usuario en los anteriores subprogramas.

En la primera condición la declaración if-then queda de la siguiente manera, se pone como condiciones que las variables: ropa y cool2 sea igual a uno lógico y



velocidad, temp, program final sean igual a cero lógico además el pulsador next esté pulsado es decir que el puerto B4 del microcontrolador se encuentre en cero lógico.

En la segunda condición la declaración if-then debe cumplir con las siguientes condiciones en sus variables: ropa y hot2 sea igual a uno lógico y velocidad, temp, program final sean igual a cero lógico, además el pulsador next esté pulsado es decir que el puerto B4 del microcontrolador se encuentre en cero lógico.

En la tercera condición la declaración if-then debe cumplir con las siguientes condiciones en sus variables: ropa y xxx1 sea igual a uno lógico y velocidad, temp, program final sean igual a cero lógico, además el pulsador next esté pulsado es decir que el puerto B4 del microcontrolador se encuentre en cero lógico.

En cualquiera de las tres condiciones va al subprograma que se lo ha denominado Iniciopro como se indica en la figura 4.32.

```

Programas:
If Ir = 0 And Ropa = 1 And Velocidad = 0 And Temp = 0 And Program = 0 And Cool2 = 1 And Final = 0 Then
  Gosub Iniciopro
End If
If Ir = 0 And Ropa = 1 And Velocidad = 0 And Temp = 0 And Program = 0 And Hot2 = 1 And Final = 0 Then
  Gosub Iniciopro
End If
If Ir = 0 And Ropa = 1 And Velocidad = 0 And Temp = 0 And Program = 0 And Xxx1 = 1 And Final = 0 Then
  Gosub Iniciopro

```

Figura 4.32 Subprograma – Iniciopro

Cuando el subprograma Iniciopro ya ha iniciado, se encuentra la siguiente función que brinda el programa, la cual regresa a la opción anterior, como es el cuarto subprograma regresará al subprograma clother, es decir el programa donde se define el tamaño de la ropa con las condiciones iniciales del mismo. Esto sucede presionando el botón atrás que está ubicado en el puerto B5 y en el programa con el nombre de back como se muestra en la figura 4.33.

```

If Back = 0 And Ropa = 0 And Velocidad = 0 And Temp = 0 And Program = 1 And B1 = 0 And C1 = 0 And D1 = 0 Then
  Ropa = 1
  Velocidad = 0
  Temp = 0
  Program = 0
  Nivel1 = 0
  Nivel2 = 0
  Nivel3 = 0
  Nivel4 = 0
  Cool2 = 0
  Hot2 = 0
  Xxx1 = 0
  Reset Cool
  Reset Hot
  Cls
  Lcd "/////////////////////"
  Home L
  Lcd "      DIMENSION      "
  Home T
  Lcd " DE LA ROPA A LAVAR "
  Home F
  Lcd "/////////////////////"
  Waitms Miguel

  Cls
  Home U
  Lcd " >PEQUENIO"
  Home L
  Lcd " >MEDIANO"
  Home T
  Lcd " >GRANDE"
  Home F
  Lcd " >EXTRA GRANDE"
End If

```

Figura 4.33

De acuerdo a lo establecido en los subprogramas y condiciones anteriores, se permite activar las válvulas de acuerdo a las variables, las cuales van relacionadas con el tamaño de ropas establecidas por el usuario y la temperatura del agua. Mediante la configuración de estos, el programa tendrá 36 combinaciones, ya que tenemos 4 diferentes tamaños de ropa, que se relaciona con los sensores de nivel, además se combinarán con la temperatura de agua deseada que son 3 opciones, agua fría, tibia y caliente. De este sin número de combinaciones se encenderán las electroválvulas en caso de ser agua fría se encenderá una sola electroválvula preseleccionada para alimentar al tanque de la lavadora con agua fría, si el usuario ha seleccionado agua caliente se encenderá la segunda electroválvula que se a preseleccionado para alimentar al tanque de la lavadora con agua caliente y si el usuario ha seleccionado agua tibia se encenderán las dos electroválvulas y se debe relacionar con el programa de lavado que son 3 y cada uno de estos tiene una variable nombrada como final1, final2, final3 dependiendo del programa.

A continuación se presenta un ejemplo de las 36 combinaciones establecidas. Como se indica en la figura 4.34 está establecida para cuando el programa se

encuentre en el subprograma program para el nivel1 y se indique las variables que selecciona la temperatura del agua en cada una de las opciones y es para el programa de lavado final1 o planchado permanente y la protección de la tapa del tanque se encuentra desactivada para esta etapa de tal manera que el usuario podrá ingresar ropa mientras el tanque se llena.

```

If Program = 1 And Nivel1 = 1 And Cool2 = 1 And Final1 = 1 And Bloqueo = 0 Then
  Set Cool
  Reset Hot
End If
If Program = 1 And Nivel1 = 1 And Hot2 = 1 And Final1 = 1 And Bloqueo = 0 Then
  Set Hot
  Reset Cool
End If
If Program = 1 And Nivel1 = 1 And Xxx1 = 1 And Final1 = 1 And Bloqueo = 0 Then
  Set Hot
  Set Cool
End If

```

Figura 4.34 Ejemplo de subprograma nivel 1

De la misma manera cuando ya los sensores de nivel ya indiquen el nivel establecido, estos apagarán las electroválvulas y con esto se detendrá el flujo de agua al tanque para esperar que el tanque esté tapado para iniciar el programa de lavado establecido por el usuario.

#### 4.4.6.5.1. Subprograma para planchado permanente

Cuando ya se han seleccionado todas las variables por el usuario, el programa da comienzo al ciclo de trabajo seleccionado.

Para el primer programa en forma ascendente encontramos al programa de planchado permanente, representado en el organigrama de la figura 4.35, donde podemos apreciar la secuencia que este programa realiza. Todo el desarrollo está encerrado en un subprograma y cada una de las etapas encerradas en instrucciones If-then de forma secuencial divididas cada una en periodos de un segundo con la finalidad que si se llega a abrir la puerta y se active la función de

interrupción del programa solo se vea afectado un segundo del ciclo de lavado, es decir transcurrido ese ciclo el microcontrolador analizará todas las variables del programa cíclicamente y continuará con el resto del programa sin causar mayores inconvenientes al usuario y al programa siempre y cuando la puerta se mantenga cerrada, ya que cada instrucción dura un segundo.

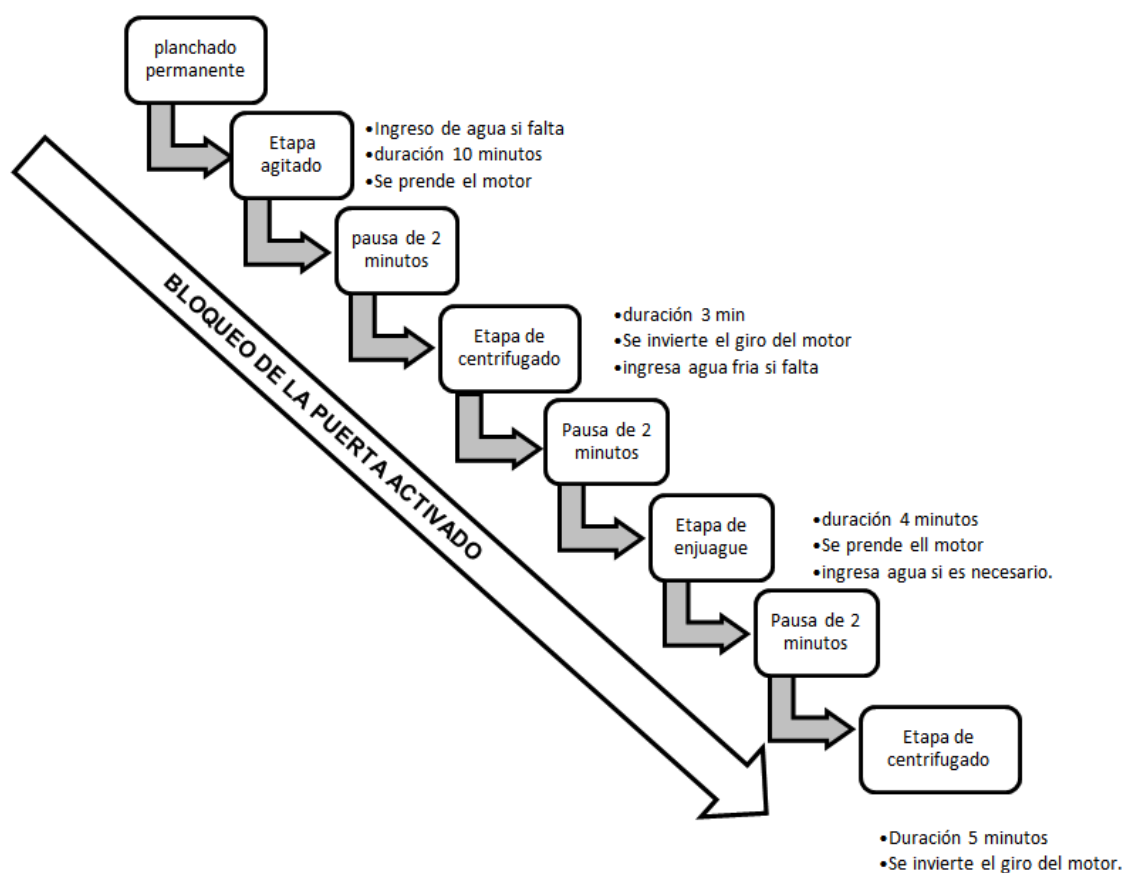


Figura 4.35 Subprograma – Planchado permanente

Cada vez que la máquina es interrumpida en su proceso normal de trabajo cuando se abre la puerta solo se detiene el motor en cualquier sentido de giro que se encuentre y no detiene el funcionamiento de las electroválvulas en las diferentes estaciones de lavado, ya que la persona corre peligro con el movimiento giratorio

del tambor y tanque, mas no con la caída de agua ocasionado por las electroválvulas.

En las etapas en donde tenemos pausas de la máquina que son necesarias para cumplir con los requisitos de este tipo de lavado, la función de interrupción no se encuentra activada ya que en este momento todo el equipo de lavado se encuentra apagado y no puede causar daño al usuario, pero una vez transcurrida la pausa, las etapas en donde si requieren que el motor este accionado no continuarán con su funcionamiento debido a que la interrupción se acciona como condición para las instrucciones if-then y también como el comando interruptor (INTO).

Los tres programas de lavado cuentan con un conteo de minutos para dar a conocer al usuario el tiempo que lleva la ropa lavándose y tener una idea de cuánto falta para culminar, también le indica cuánto dura cada programa en ejecución como el comienzo de una nueva etapa de lavado, esto es posible planteando una ecuación:

$$\text{el tiempo de lavado} = \frac{\text{la variable creciente (los segundos que esta prendido el motor)}}{60}$$

Además esta variable se la debe especificar como valor cero para que comience siempre desde cero.

Una vez que cumpla el programa con todas sus etapas y todas las variables regresen a cero, al igual que el programa para comenzar una nueva operación que puede ser con los mismos parámetros o distintos, según lo haya seleccionado el usuario, es decir todo regresa al inicio de nuevo.

#### **4.4.6.5.2. Subprograma para tejido sintético**

Cuando ya se han seleccionado todas las variables por el usuario, el programa da comienzo al ciclo de trabajo seleccionado.

El segundo programa que encontramos es el programa de tejido sintético representado en el organigrama de la figura 4.36, en el cual podemos apreciar la secuencia que este programa realiza. Todo el desarrollo está encerrado en un subprograma y cada una de las etapas encerradas en instrucciones If-then de forma secuencial divididas cada una en periodos de un segundo con la finalidad que si se llega a abrir la puerta y se active la función de interrupción del programa solo se vea afectado un segundo del ciclo de lavado, es decir transcurrido ese ciclo el microcontrolador analizará todas las variables del programa cíclicamente y continuará con el resto del programa sin causar mayores inconvenientes al usuario y al programa siempre y cuando la puerta se mantenga cerrada, ya que cada instrucción dura un segundo.

El segundo programa de lavado se lo ha denominado tejido sintético de acuerdo a los tiempos establecidos por el fabricante este programa es más extenso y tiene una etapa adicional, en el medio de la primera etapa de agitado denominado remojo, en esta etapa se detiene la máquina ya que las telas hechas con tejidos sintéticos son tejidos delicados y no soportan estar sometidas por largos periodos de agitación. En esta etapa se inserta agua si es necesario, siempre y cuando lo requiera de acuerdo a las condiciones establecidas por el usuario ya que varían según el tamaño de ropa y la temperatura del agua. Esta condición lo diferencia de las etapas en donde la máquina se detiene totalmente, denominadas pausas, que se usan para cambiar a las diferentes etapas del programa.

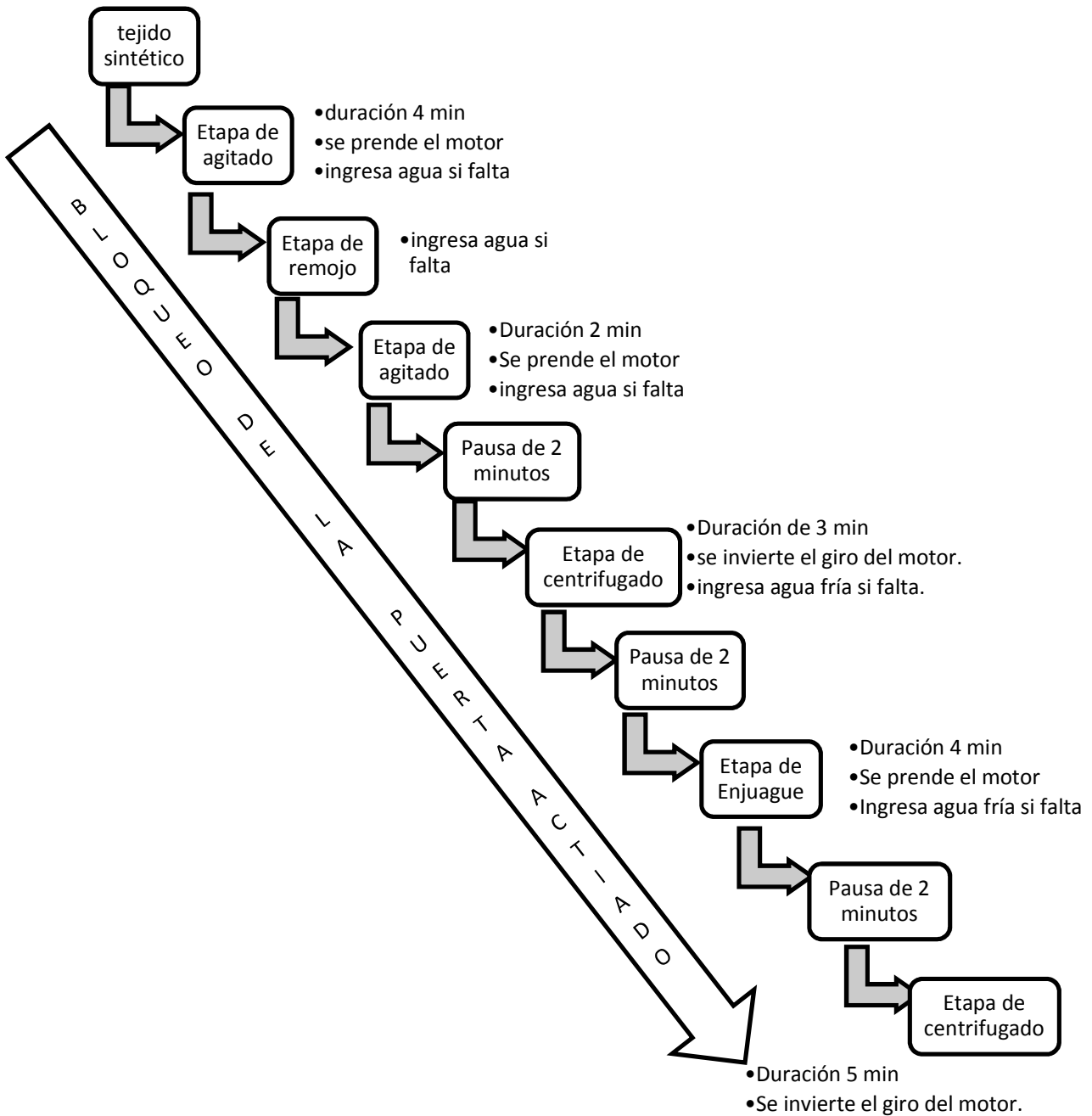


Figura 4.36 Subprograma – Tejido sintético

#### **4.4.6.5.3. Subprograma para tejido normal**

Cuando ya se han seleccionado todas las variables por el usuario, el programa da comienzo al ciclo de trabajo seleccionado.

El tercer programa y última opción que encontramos es el programa para tejido normal representado en el organigrama de la figura 4.37 en donde podemos apreciar la secuencia que este programa realiza.

Todo el desarrollo está encerrado en un subprograma y cada una de las etapas encerradas en instrucciones If-then de forma secuencial divididas cada una en periodos de un segundo, con la finalidad que si se llega a abrir la puerta y se activa la función de interrupción del programa solo se vea afectado un segundo del ciclo de lavado, es decir transcurrido ese ciclo el microcontrolador analizará todas las variables del programa cíclicamente y continuará con el resto del programa sin causar mayores inconvenientes al usuario y al programa siempre y cuando la puerta se mantenga cerrada, ya que cada instrucción dura un segundo.

El tercer programa que el fabricante propone hace referencia al tejido normal en este tipo de tejidos podemos considerar prendas grandes y de telas que tengan un tejido más robusto, por este motivo el agitado es más prolongado con la finalidad de remover la suciedad de aquellas prendas que cumplan con esta descripción, como cobijas, sábanas, cortinas entre otros.



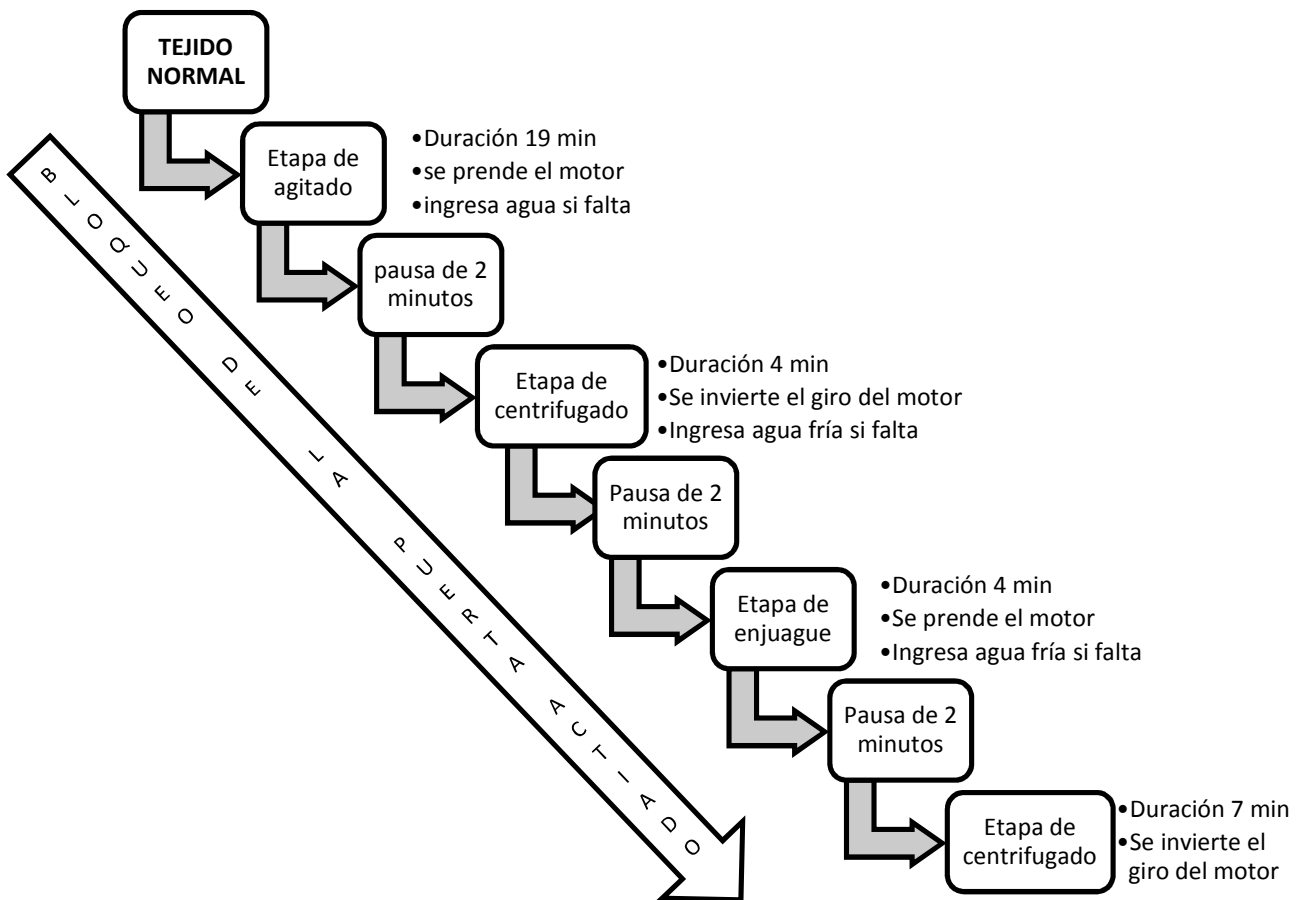


Figura 4.37 Subprograma – Tejido normal

Otra etapa que ha variado notablemente en su tiempo es el centrifugado final ya que está dirigido a prendas de un tamaño representativo necesitan un tiempo mayor para retirar el agua que se encuentra en estas prendas.

## CAPÍTULO 5

### Conclusiones

- El remplazo del sistema electromecánico por un sistema electrónico nos permitió recuperar una máquina que ya se había desechado evitándonos inconvenientes en la obtención del repuesto difíciles de conseguir en el mercado.
- Se estableció que los elementos que manejan cada una de las etapas de los ciclos de lavado deben ser relés, ya que estos aíslan los circuitos de control y el circuito de fuerza.
- La respuesta de los elementos no debe ser de acción rápida además el costo de estos es muy económico por este motivo los relés son la mejor opción.
- La base principal de la tarjeta que controla la lavadora será el microcontrolador Atmega 32. Se escogió este elemento por su gran memoria interna y porque tiene 24 puertos que son los necesarios para conectar todas las entradas y salidas dispuestas para el control de la lavadora de ropa.
- La finalidad de este proyecto es realizar un circuito electrónico que cumpla con las mismas condiciones que tenía el modelo inicial del electrodoméstico por este motivo se ha enfatizado en los parámetros como lo hacía de una forma inicial.
- Los parámetros seleccionados por el usuario tanto de temperatura, tamaño de ropa a lavar y el programa de lavado, son constantemente analizados por el microcontrolador en el proceso de lavado, tomando siempre en cuenta la opción seleccionada y el estado de los sensores para activar y desactivar las electroválvulas permitiendo el ingreso de agua al tanque como elegir el sentido

de giro del motor todas estas condiciones hacen que el sistema instalado sea inteligente.

- El seguro para niños colocado en la puerta es posible activar mediante un chequeo continuo de todos los parámetros que realiza el microcontrolador cada segundo, con lo cual no se pierde el tiempo en el que se encuentra el programa de lavado y este seguro puede detener el motor mediante la función interruptor que tiene el microcontrolador, de esta manera es un sistema seguro para el usuario y para la máquina.

## Recomendaciones

- El motor monofásico de fase partida que es el encargado del movimiento de los diferentes elementos de la lavadora, debe ser conectado con un relé de corriente para el arranque del mismo y debe tener identificados cada uno de los bobinados ya que si se conecta mal se puede quemar el motor.
- La máquina opera continuamente con agua por este motivo se debe aislar la tarjeta electrónica en un lugar en donde no esté propensa a que se moje, por lo cual se ha colocado dentro de una caja plástica en la parte trasera del tablero de la lavadora de ropa.
- Para obtener los mejores resultados de lavado hay que tomar en cuenta las indicaciones que se mencionan en el capítulo 1 ya que para tener un lavado eficiente se debe seguir esos pasos fundamentales para la higiene de la ropa.
- Todas las instalaciones realizadas se deben operar con todas las fuentes de energía desconectadas para evitar cualquier riesgo tanto en el ente humano como para salvaguardar cada uno de los elementos electrónicos y eléctricos de la lavadora.

## BIBLIOGRAFÍA

### CAPÍTULO 1

- [1] <http://es.scribd.com/doc/7440418/La-Lavadora>
- [2] <http://html.rincondelvago.com/lavadoras.html>
- [3] <http://es.scribd.com/doc/50207592/3/I-ETAPAS-DEL-PROCESO-DE-LAVADO>
- [4] <http://es.wikipedia.org/wiki/Electrov%C3%A1lvula>
- [5] Motores asíncronos monofasicos.pdf
- [6] Mono.pdf
- [7] [http://www.lavadoras.us/industriales/servicio/tecnico/partes\\_de\\_una\\_lavadora/](http://www.lavadoras.us/industriales/servicio/tecnico/partes_de_una_lavadora/)
- [8] <http://consejos-de-compra.darty.es/gran-electrodomestico/lavadoras/tipos-de-tambor-de-lavadoras>
- [9] <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2719/1/CD-477.pdf>

### CAPÍTULO 2

- [10] SESION\_1\_ATMEGA8.pdf
- [11] LCD.pdf
- [12] [http://html.rincondelvago.com/contactores-y-elementos-auxiliares-de-mando\\_1.html](http://html.rincondelvago.com/contactores-y-elementos-auxiliares-de-mando_1.html)
- [13] [http://paginas.fisica.uson.mx/horacio.munguia/aula\\_virtual/Cursos/Instrumentacion%20II/Documentos/Regulacion%20voltaje.pdf](http://paginas.fisica.uson.mx/horacio.munguia/aula_virtual/Cursos/Instrumentacion%20II/Documentos/Regulacion%20voltaje.pdf)
- [14] <http://ocw.um.es/ingenierias/tecnologia-y-sistemas-electronicos/material-de-clase-1/tema-3.-transistores-de-union-bipolar-bjt.pdf>

### CAPÍTULO 3

- [15] <http://www.fairchildsemi.com/ds/LM/LM7805.pdf>
- [16] <http://es.scribd.com/doc/7828553/Capitulo1-Introduccion-del-ATmega32-espanol>
- [17] <http://es.scribd.com/doc/68146258/124/Transistor-BJT-2N3904>

## **CAPÍTULO 4**

RAMIRO VALENCIA “Aplicaciones electrónicas con microcontroladores

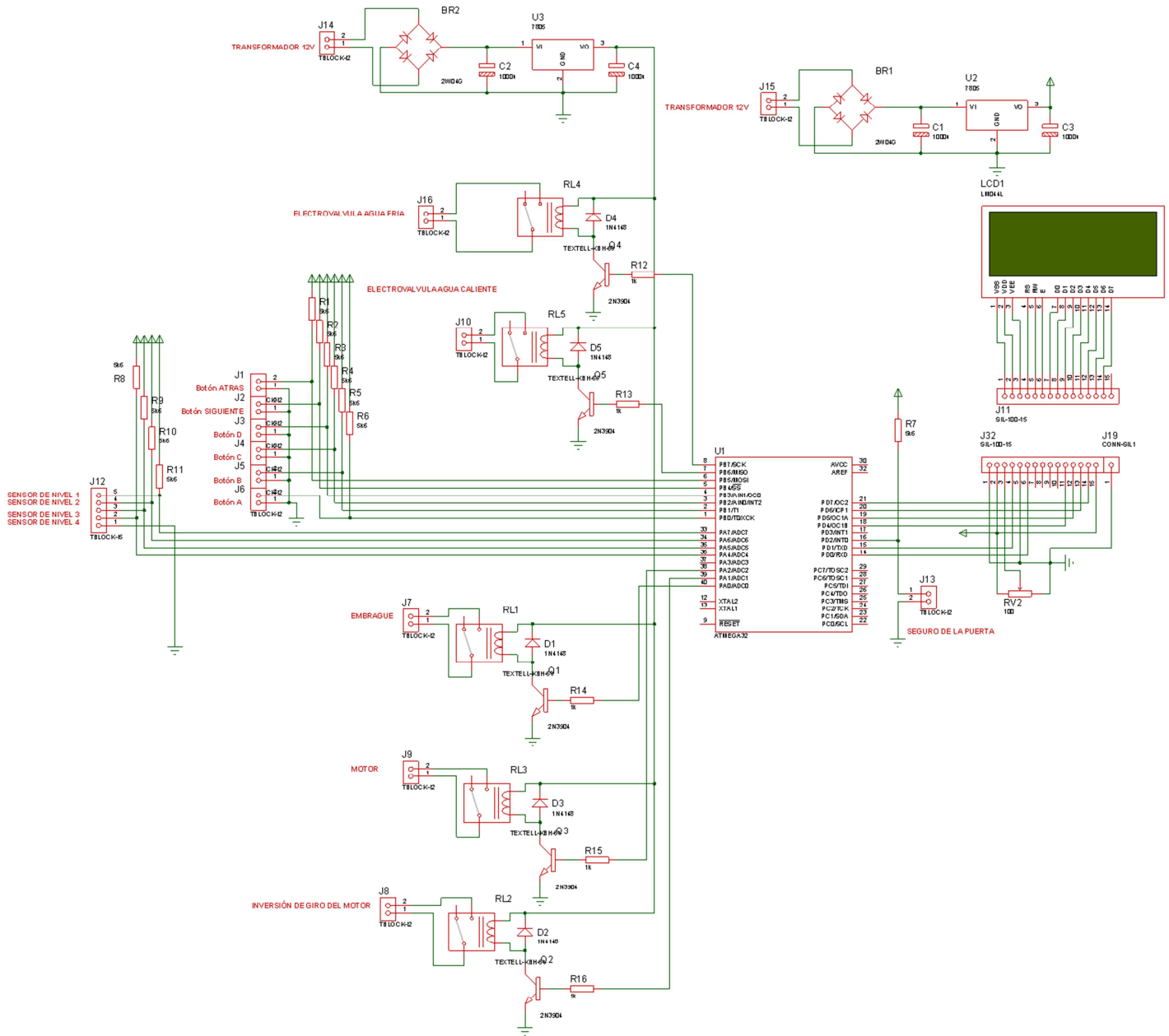
[http://www.g-heinrichs.de/attiny/bascom-avr20manual%20201\\_11\\_7.pdf](http://www.g-heinrichs.de/attiny/bascom-avr20manual%20201_11_7.pdf)

[1] Universidad Técnica de Ambato, Facultad de ingeniería en sistemas electrónica e industrial “Octavo Electrónica 2009-2010” BASCOM AVR Help reference

# **ANEXOS**

# Anexo 1

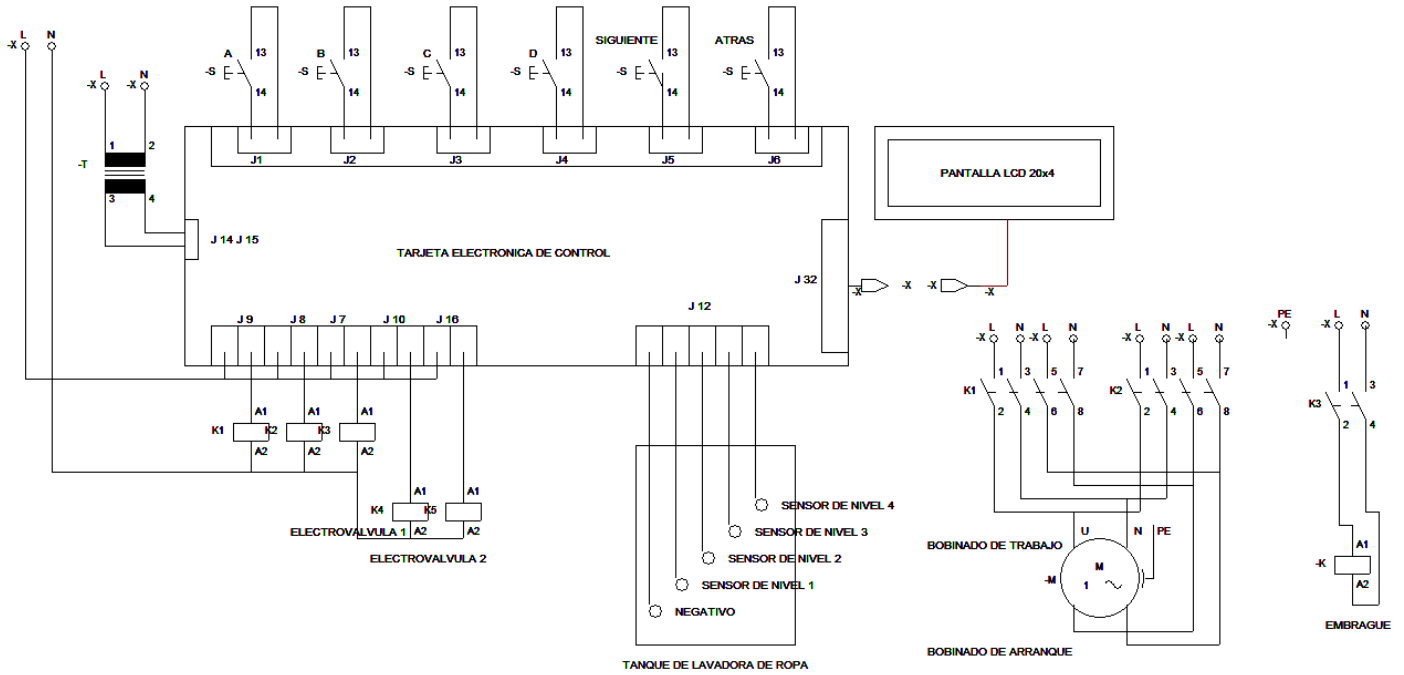
## Diagrama de la tarjeta electrónica





## Anexo 2

### Diagramas de conexiones en la máquina



### Anexo 3

#### Panel Original de la Lavadora de Ropa:

