



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica

## **AUTOMATIZACIÓN CLIMÁTICA DEL HABITÁCULO DE UN AUTOMÓVIL**

**William David Telón Chalí**

Asesorado por la Inga. Ingrid Salomé Rodríguez de Loukota

Guatemala, noviembre de 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**AUTOMATIZACIÓN CLIMÁTICA DEL HABITÁCULO DE UN AUTOMÓVIL**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

**WILLIAM DAVID TELÓN CHALÍ**

ASESORADO POR LA INGA. INGRID SALOMÉ RODRÍGUEZ DE LOUKOTA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO ELECTRÓNICO**

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Juan Carlos Molina Jiménez
VOCAL V	Br. Mario Maldonado Muralles
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADORA	Inga. Ingrid Salomé Rodríguez de Loukota
EXAMINADOR	Ing. Romero Nefthalí López Orozco
EXAMINADOR	Ing. José Antonio de León escobar
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

### **AUTOMATIZACIÓN CLIMÁTICA DEL HABITÁCULO DE UN AUTOMÓVIL**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, con fecha 06 de octubre de 2011.



**William David Telón Chalí**

Guatemala 1 de octubre del 2012

Ingeniero  
Carlos Eduardo Guzmán Salazar  
Coordinador del Área de Electrónica  
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica  
Facultad de Ingeniería, USAC.

Estimado Ingeniero Guzmán.

Me permito dar aprobación al trabajo de graduación titulado: **“AUTOMATIZACIÓN CLIMÁTICA DEL HABITÁCULO DE UN AUTOMÓVIL”**, del señor **William David Telón Chalí**, por considerar que cumple con los requisitos establecidos.

Por tanto, el autor de este trabajo de graduación y, yo, como su asesora, nos hacemos responsables por el contenido y conclusiones del mismo.

Sin otro particular, me es grato saludarle.

Atentamente,

  
Inga. Ingrid Rodríguez de Loukota  
Colegiada 5,356  
Asesora

**Ingrid Rodríguez de Loukota**

**Ingeniera en Electrónica**

**Colegiado 5356**

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

Ref. EIME 46.2012.

Guatemala, 4 de OCTUBRE 2012.

Señor Director  
Ing. Guillermo Antonio Puente Romero  
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica  
Facultad de Ingeniería, USAC

Señor Director:

Me permito dar aprobación al trabajo de Graduación titulado:  
"AUTOMATIZACIÓN CLIMÁTICA DEL HABITÁCULO DE UN  
AUTOMÓVIL", del estudiante WILLIAN DAVID TELÓN  
CHALÍ, que cumple con los requisitos establecidos para tal fin.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para saludarle.

Atentamente,  
ID Y ENSEÑAD A TODOS

  
Ing. Carlos Eduardo Guzmán Salazar  
Coordinador Área Electrónica



CFGS/sro



FACULTAD DE INGENIERIA

REF. EIME 57.2012.

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, después de conocer el dictamen del Asesor, con el Visto Bueno del Coordinador de Área, al trabajo de Graduación del estudiante; WILLIAM DAVID TELÓN CHALÍ, titulado: "AUTOMATIZACIÓN CLIMÁTICA DEL HABITÁCULO DE UN AUTOMÓVIL", procede a la autorización del mismo.

Ing. Guillermo Arroyave Puente Romero



GUATEMALA, 18 DE OCTUBRE 2012.



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, al trabajo de graduación titulado: **AUTOMATIZACIÓN CLIMÁTICA DEL HABITÁCULO DE UN AUTOMÓVIL**, presentado por el estudiante universitario **William David Telón Chalí**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

  
Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno  
Decano en Funciones

Guatemala, 16 de noviembre de 2012



/gdech

## **ACTO QUE DEDICO A:**

<b>Dios</b>	Por ser la luz de mi vida y por darme la sabiduría e inteligencia a lo largo de todos estos años de estudio.
<b>Mis padres</b>	Santiago Telón y Juana Chalí. Por el gran sacrificio que hicieron para darme siempre lo que necesitaba.
<b>Mis hermanos</b>	Por su ayuda incondicional.
<b>Mi sobrino</b>	Anthony Josué. Por cada momento que vivimos juntos en la universidad.
<b>Mis familiares y amigos</b>	Por cada grato detalle que guardo en mi corazón.
<b>Mi novia</b>	Monica Gisselle. Por darle inspiración a mi vida.
<b>Mi asesora</b>	Inga. Ingrid Rodriguez de Loukota. Por su tan valioso apoyo.

# ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	V
LISTA DE SÍMBOLOS .....	VII
GLOSARIO .....	IX
RESUMEN .....	XIII
OBJETIVOS .....	XV
INTRODUCCIÓN .....	XVII
1. TEORÍA DE LA TRANSFERENCIA DE CALOR .....	1
1.1. Métodos de la transferencia de calor .....	1
1.1.1. Conducción .....	1
1.1.2. Convección .....	2
1.1.3. Radiación .....	2
1.2. Ley de enfriamiento de Newton .....	3
1.3. Principios fundamentales de la termodinámica .....	5
1.3.1. Principio Cero de la termodinámica .....	5
1.3.2. Primera ley de la termodinámica .....	5
1.3.3. Segunda ley de la termodinámica .....	5
1.3.4. Tercera ley de la termodinámica .....	6
2. FUNDAMENTOS PRINCIPALES DEL SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO DE UN VEHÍCULO .....	7
2.1. Reseña histórica de la evolución del aire acondicionado automotor .....	7
2.2. Componentes de un sistema de aire acondicionado automotor .....	8

2.2.1.	Compresor.....	8
2.2.2.	Condensador.....	9
2.2.3.	Evaporador.....	9
2.2.4.	Dispositivos reguladores de presión.....	10
	2.2.4.1. Tubo orificio.....	10
	2.2.4.2. Válvula de expansión térmica.....	11
	2.2.4.3. Depósito secador.....	11
	2.2.4.4. Acumulador.....	11
2.2.5.	Refrigerantes.....	12
2.3.	Factores internos en el acondicionamiento de un habitáculo....	12
	2.3.1. Temperatura del aire ( $t_a$ ).....	13
	2.3.2. Temperatura equivalente ( $t_{eq}$ ).....	14
	2.3.3. Temperatura de la piel.....	14
	2.3.4. Caudal de aire entrante en el habitáculo.....	14
	2.3.5. Velocidad relativa del flujo de aire.....	15
	2.3.6. Índice de indumento (CLO).....	15
	2.3.7. Material utilizado en los cristales del vehículo.....	15
	2.3.8. Transmisividad, absorptividad y reflexibilidad.....	15
	2.3.9. Coeficiente de emisividad ( $\varepsilon$ ).....	17
	2.3.10. Temperatura media corporal.....	17
2.4.	Factores externos en el acondicionamiento de un habitáculo...	17
	2.4.1. La temperatura media de radiación ( $t_r$ ).....	18
	2.4.2. Altura solar ( $\alpha$ ).....	18
	2.4.3. Azimut solar ( $\gamma$ ).....	18
	2.4.4. Angulo cenital ( $\theta_z$ ).....	18
	2.4.5. Radiación.....	19
	2.4.5.1. Radiación directa.....	19
	2.4.5.2. Radiación difusa.....	20

3.	AUTOMATIZACIÓN CLIMÁTICA DEL HABITÁCULO DE UN AUTOMÓVIL .....	21
3.1.	Adquisición de datos para determinar la variación de la temperatura dentro del habitáculo .....	21
3.2.	Diagramas de flujo del programa.....	26
3.3.	Algoritmo de programación.....	35
3.3.1.	Definición de variables.....	35
3.3.2.	Programa principal.....	36
3.3.3.	Subrutina para verificar la temperatura dentro del automóvil .....	37
3.3.4.	Subrutina para mostrar el nivel actual de la temperatura .....	37
3.3.5.	Subrutina para mostrar las opciones de temperatura .....	38
3.3.6.	Subrutina que muestra el menú de opciones para el modo Manual .....	39
3.3.7.	Subrutina para la opción de aire frío.....	39
3.3.8.	Subrutina para la opción de aire caliente.....	40
3.3.9.	Subrutina que muestra el menú de opciones para el modo Automático .....	41
3.3.10.	Subrutina para activar el generador de aire caliente .....	42
3.3.11.	Subrutina para activar el generador de aire frío.....	43
3.4.	Descripción de componentes electrónicos utilizados en el proyecto.....	45
3.4.1.	Microcontrolador (16F870).....	45
3.4.2.	Visualizador de cristal líquido (LCD) .....	46
3.4.3.	Sensor de temperatura .....	47
3.4.4.	Controlador de motor (L293D) .....	49

3.4.5.	Relé .....	50
3.4.6.	Motor de corriente continua .....	51
3.4.7.	Regulador de voltaje (7805) .....	52
3.4.8.	Otros dispositivos utilizados .....	53
3.5.	Diagrama esquemático del circuito .....	54
3.6.	Software empleado para la programación del microcontrolador.....	56
3.6.1.	Integrando el compilador al ambiente de MicroCode Studio .....	57
3.6.2.	Programador WinPic800 .....	60
3.7.	Funcionamiento del sistema de climatización ensamblado al vehículo .....	64
3.7.1.	Aspectos generales .....	64
3.7.2.	Datos obtenidos durante el funcionamiento del sistema .....	66
CONCLUSIONES.....		71
RECOMENDACIONES.....		73
BIBLIOGRAFÍA.....		75

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Incidencia angular del sol .....	19
2.	Diagrama de flujo del programa principal .....	26
3.	Diagrama de flujo de la opción Manual .....	27
4.	Subrutina para la opción de aire frío .....	28
5.	Subrutina para la opción de aire caliente .....	29
6.	Diagrama de flujo de la opción Automático .....	30
7.	Continuación del diagrama de flujo de la opción Automático .....	31
8.	Subrutina para activar el generador de aire caliente .....	32
9.	Continuación de la subrutina para activar el generador de aire caliente .....	33
10.	Subrutina para activar el generador de aire frío .....	34
11.	Microcontrolador (16F870) .....	46
12.	Visualizador de cristal líquido (LCD 20x4).....	47
13.	Sensor de temperatura (LM35) .....	48
14.	Diagrama del controlador de motor (L293D) .....	50
15.	Relé .....	51
16.	Motor de corriente continua.....	52
17.	Regulador de voltaje (7805, encapsulado TO220).....	53
18.	Diagrama esquemático del circuito .....	54
19.	Software de programación del PIC.....	56
20.	Compilador del Lenguaje Basic.....	57
21.	Ventana principal de MicroCode Studio .....	58
22.	Seleccionando la herramienta para integrar el compilador .....	59

23.	Integrando el compilador al ambiente MicroCode Studio.....	60
24.	Configurando los parámetros necesarios para la grabación del microcontrolador .....	61
25.	Configurando los parámetros necesarios para el hardware que se va a utilizar.....	62
26.	Barra de herramientas de WinPic800 .....	63
27.	Gráfica del descenso de la temperatura, según los datos de la tabla V.....	67
28.	Gráfica del aumento de la temperatura, según los datos de la tabla VI.....	69

## TABLAS

I.	Medición del aumento de la temperatura dentro del habitáculo con los ventanales completamente cerrados.....	22
II.	Medición del descenso de la temperatura dentro del habitáculo con los ventanales completamente abiertos.....	23
III.	Medición del aumento de la temperatura con el vehículo en movimiento y los ventanales completamente cerrados.....	24
IV.	Medición del descenso de la temperatura con el vehículo en movimiento y los ventanales completamente abiertos.....	25
V.	Medición del descenso de la temperatura dentro del habitáculo con el sistema de climatización ensamblado en el vehículo .....	66
VI.	Medición del aumento de la temperatura dentro del habitáculo con el sistema de climatización ensamblado den el vehículo.....	68

## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
$\alpha'$	Absortividad.
$\alpha$	Altura solar.
$\theta_z$	Ángulo Cenital.
$\gamma$	Azimut solar.
<b>IC</b>	Circuito Integrado
<b>L293D</b>	Circuito integrado diseñado como un puente H para controlar el movimiento de un motor de dc.
<b>7805</b>	Circuito integrado regulador de voltaje.
<b>CFC-12</b>	Clorofluorocarbono-12. Gas refrigerante conocido como Fréon.
$\varepsilon$	Coeficiente de emisividad.
$\frac{dT}{dt}$	Derivada de la temperatura con respecto del tiempo.
<b>\$00</b>	Dirección de memoria en formato hexadecimal.
<b>\$3F</b>	Dirección de memoria en formato hexadecimal.
<b><math>\Theta</math></b>	En termodinámica se le conoce como la temperatura empírica.
<b>R-134</b>	Gas refrigerante aprobado por la EPA.
<b>CG RAM</b>	Generador de caracteres Ram, por sus siglas en inglés.
<b>°C</b>	Grados Celsius.
<b>°F</b>	Grados Fahrenheit.
<b>kB</b>	Kilo bytes.
<b>km/h</b>	Kilómetros por hora.
<b>Tr</b>	La temperatura media de radiación.

<b>uA</b>	Microamperios.
<b>μf</b>	Microfaradio
<b>mV</b>	Milivoltios.
<b>S</b>	Pulsador o swich
<b>ρ</b>	Reflexibilidad.
<b>R</b>	Resistencia
<b>Tsk</b>	Temperatura de la piel.
<b>Ta</b>	Temperatura del aire.
<b>Teq</b>	Temperatura equivalente.
<b>TO220</b>	Tipo de encapsulado de un circuito integrado.
<b>16F870</b>	Tipo de microcontrolador que pertenece a la familia 16F, de 8 bits, con memoria flash interna.
<b>LM35</b>	Transistor sensor de temperatura.
<b>τ</b>	Transmisividad.
<b>Vout</b>	Voltaje de salida.
<b>V</b>	Voltios

## GLOSARIO

<b>Absortividad</b>	Se denomina absortividad a la medida de la cantidad de luz absorbida por una solución.
<b>ATC</b>	Control automático de temperatura.
<b>Automatización</b>	Es un proceso donde se transfieren tareas de producción, realizadas habitualmente por operadores humanos a un conjunto de elementos tecnológicos.
<b>Circuito</b>	Es un conjunto de diversos dispositivos eléctricos conectados entre sí, para ejecutar una tarea establecida.
<b>Climatización</b>	Proceso por medio del cual se crean las condiciones adecuadas de temperatura, humedad y limpieza del aire para la comodidad dentro de los espacios habitados.
<b>CLO</b>	Índice de indumento.
<b>Compilador</b>	Es un programa informático que traduce un programa escrito en un lenguaje de programación a otro lenguaje, generando un programa equivalente que la máquina será capaz de interpretar.

<b>CPU</b>	Unidad central de procesamiento.
<b>DIA</b>	Es un software con aplicación libre y de código abierto que permite crear diagramas de propósito general.
<b>Diagrama de Flujo</b>	Es la representación gráfica de un algoritmo o proceso.
<b>Diagrama esquemático</b>	Es una representación pictórica (con símbolos) de un circuito electrónico.
<b>EPA</b>	Agencia Estadounidense para la Protección Ambiental
<b>Habitáculo</b>	Espacio disponible para las personas en el interior de un automóvil.
<b>Hardware</b>	Corresponde a todas las partes físicas y tangibles de una computadora, sus componentes eléctricos, electrónicos, electromecánicos y mecánicos.
<b>Microcontrolador</b>	Es un circuito integrado programable capaz de ejecutar las órdenes grabadas en su memoria.
<b>Parámetro</b>	Variable que, incluida en una ecuación, modifica el resultado de esta.

<b>Pestaña</b>	En informática, una pestaña o solapa es un elemento de la interfaz de un programa que permite cambiar rápidamente lo que se está viendo sin cambiar de ventana que se usa en un programa o menú.
<b>Pic</b>	Abreviatura con el que se le conoce a un microcontrolador.
<b>Programación</b>	Es el proceso de diseñar, codificar, depurar y mantener el código fuente de programas computacionales.
<b>RAM</b>	Memoria de acceso aleatorio, por sus siglas en inglés.
<b>Reflexibilidad</b>	Expresa la cantidad de radiación que llega al entorno de un objeto y es reflejada hacia el mismo.
<b>ROM</b>	Memoria de solo lectura, por sus siglas en inglés.
<b>Sistema</b>	Es un conjunto de partes o elementos organizados y relacionados que interactúan entre sí para lograr un objetivo.
<b>Sistema de control</b>	Está definido como un conjunto de componentes que pueden regular su propia conducta o la de otro sistema con el fin de lograr un funcionamiento predeterminado.

<b>Software</b>	Es un conjunto de programas, instrucciones y reglas informáticas que permiten ejecutar distintas tareas en una computadora.
<b>Subrutina</b>	Es una porción de código que forma parte de un programa principal, para realizar una tarea específica, relativamente independiente del resto del código.
<b>Transmisividad</b>	Es la proporción de radiación solar que es capaz de atravesar un material.
<b>TTL</b>	Lógica transistor a transistor.
<b>TXV</b>	Válvula de expansión térmica.
<b>Ventana</b>	En informática, una ventana es un área visual, normalmente de forma rectangular, que contiene algún tipo de interfaz de usuario, mostrando la salida y permitiendo la entrada de datos para uno de varios procesos que se ejecutan simultáneamente.

## RESUMEN

Uno de los aspectos que ha despertado gran interés en el diseño de un automóvil, es el de brindar comodidad y confort dentro del habitáculo del vehículo a través de la implementación de sistemas modernos de climatización. El concepto de climatización de vehículo, se refiere al conjunto de sistemas que permiten obtener en el habitáculo las condiciones de temperatura y ventilación óptimas para brindar la máxima confortabilidad posible al conductor y a sus acompañantes.

Este informe presenta el diseño de un sistema que controla de manera automática la temperatura dentro del habitáculo de un automóvil, empleando el aire acondicionado del propio vehículo. El sistema de climatización propuesto se basa en la programación de un microcontrolador; el código de programación y el diagrama esquemático del circuito están contenidos en este documento.

La metodología establecida en el desarrollo de esta investigación inicia con el método sistémico para describir cada uno de los dispositivos electrónicos utilizados en el desarrollo del sistema de climatización. Una vez tomadas las consideraciones de los elementos empleados, se continúa con el método de la experimentación, en esta etapa se realizan pruebas reales para determinar la variación de la temperatura en el interior del vehículo. Finalmente, se establece la propuesta del modelo y la aplicación del climatizador, en el vehículo.



## **OBJETIVOS**

### **General**

Diseñar un sistema que controle, de manera automática, la temperatura dentro del habitáculo de un automóvil, empleando el aire acondicionado del propio vehículo.

### **Específicos**

1. Describir el funcionamiento de los dispositivos electrónicos a utilizar en la construcción del sistema de automatización climática del habitáculo del automóvil.
2. Escribir el código del programa, en el lenguaje de programación Basic, que será grabado en el microcontrolador para ejecutar el sistema de climatización.
3. Diseñar el diagrama esquemático del circuito que muestre de manera lógica las interconexiones de los dispositivos electrónicos utilizados en este proyecto.
4. Tabular los valores resultantes, producto de la implementación del circuito climatizador en el vehículo.



## INTRODUCCIÓN

El propósito de realizar este trabajo de graduación, se fundamenta en presentar un modelo de un sistema que controle automáticamente la temperatura en el habitáculo de un automóvil, empleando para ello, la ciencia de la Ingeniería Electrónica.

Diversos estudios revelan que al mantener una temperatura controlada dentro del vehículo, proporciona varios beneficios al conductor y sus acompañantes; se obtiene una mayor comodidad, se incrementa el índice de confort y provee seguridad preventiva para los usuarios.

La Confederación Nacional de Autoescuelas (CNAE), en España, ha demostrado que controlar adecuadamente la temperatura dentro de un automóvil constituye un mecanismo de prevención de accidente provocado por el exceso de calor. Los especialistas de CNAE concluyen que una temperatura excesiva en el interior del vehículo afecta al modo de conducción de manera similar a como lo hace el alcohol; con una temperatura de 35 a 40 grados en el interior del vehículo, el conductor estaría afectado para la tarea de circular como si tuviese una tasa de alcoholemia de 0,8 gramos por litro, no percibiría el 15% de las señales y aumentaría su tiempo de reacción.

Asimismo, expertos de la organización Prevensis, en España, afirman que con una temperatura de 30°C en el interior del habitáculo, los fallos del conductor aumentan un 20%; su tiempo de reacción se alarga un 22% y que la sensación agobiante de calor puede ser causa concurrente, junto a otros factores, del 17% de los accidentes de tránsito.

Cabe señalar que para disminuir la temperatura dentro del automóvil, bastaría con bajar los cristales del vehículo o activar el aire acondicionado; no obstante, las diversas variaciones no permitirían una estabilidad de la temperatura al nivel deseado, lo que provocaría excesivas pérdidas de potencia en el motor por mantener el aire acondicionado activado en todo momento. Estas condiciones se mejoran empleando un diseño que accione el sistema únicamente el tiempo necesario.

En conclusión, este trabajo de graduación presenta el diseño de un sistema para controlar de manera automática la temperatura dentro del habitáculo de un automóvil, empleando el aire acondicionado del propio vehículo. El sistema de climatización propuesto se basa en la programación de un microcontrolador; el código de programación y el diagrama esquemático del circuito están contenidos en este documento.

# **1. TEORÍA DE LA TRANSFERENCIA DE CALOR**

La transferencia de calor se define como el paso de energía térmica desde un cuerpo de mayor temperatura a otro de menor temperatura. Cuando un cuerpo está a una temperatura diferente de la de su entorno u otro cuerpo, la transferencia de energía térmica, también conocida como transferencia de calor o intercambio de calor, ocurre de tal manera que el cuerpo y su entorno alcancen un equilibrio térmico.

Es importante señalar que la transferencia de calor siempre ocurre desde un cuerpo más caliente a uno más frío, como resultado de la segunda ley de la termodinámica.

## **1.1. Métodos de la transferencia de calor**

El calor puede transferirse de un lugar a otro por tres métodos diferentes: conducción en sólidos, convección en fluidos (líquidos o gases) y radiación a través de cualquier medio transparente a ella. El método elegido en cada caso es el que resulta más eficiente. Si hay una diferencia de temperatura el calor siempre viajará del lugar más caliente al más frío.

### **1.1.1. Conducción**

Es el método que transporta el calor a través de las colisiones de moléculas de una sustancia. Cuando dos objetos se ponen en contacto, las moléculas del objeto caliente, que se mueven más deprisa, colisionan con las del objeto frío, que se mueven más despacio, transfiriéndoles de esta manera,

parte de su energía. Este proceso continúa hasta que la energía del objeto caliente se extiende por el objeto frío.

Algunas sustancias conducen el calor mejor que otras. Los sólidos son mejores conductores que los líquidos y éstos mejor que los gases. Los metales son muy buenos conductores de calor.

### **1.1.2. Convección**

En líquidos y gases la convección es usualmente la forma más eficiente de transferir calor. La convección tiene lugar cuando áreas de fluido caliente ascienden hacia las regiones de fluido frío. Cuando esto ocurre, el fluido frío desciende tomando el lugar del fluido caliente que ascendió. Este ciclo da lugar a una continua circulación en donde el calor se transfiere a las regiones frías.

### **1.1.3. Radiación**

La radiación es un método de transferencia de calor que no precisa de contacto entre la fuente y el receptor. El calor se transfiere a través del espacio vacío en forma de radiación térmica, conocida también como radiación infrarroja. La radiación es, por tanto, un tipo de transporte de calor que consiste en la propagación de ondas electromagnéticas que viajan a la velocidad de la luz. No se produce ningún intercambio de masa y no se necesita ningún medio.

Los objetos emiten radiación cuando electrones en niveles de energía altos caen a niveles de energía bajos. La energía que se pierde es emitida en forma de luz o radiación electromagnética.

La energía absorbida por los átomos hace que sus electrones pasen a niveles de energía superiores. Todos los objetos absorben y emiten radiación.

Cuando la absorción de energía está equilibrada con la emisión, la temperatura del objeto permanece constante. Si la absorción de energía domina, la temperatura del objeto aumenta; si la emisión domina, la temperatura disminuye.

## 1.2. Ley de enfriamiento de Newton

La ley de enfriamiento de Newton establece que la temperatura de un cuerpo cambia a una velocidad que es proporcional a la diferencia de las temperaturas entre el medio externo y el cuerpo. Suponiendo que la constante de proporcionalidad es la misma, ya sea que la temperatura aumente o disminuya, la ecuación diferencial de la ley de enfriamiento se expresa de la siguiente manera:

$$1) \frac{dT}{dt} = -k(T - T_m)$$

Donde:

T = Temperatura de un cuerpo

t = Tiempo

T<sub>m</sub> = Temperatura del medio ambiente

K = Constante de proporcionalidad

Procediendo a la solución de la ecuación (1) y separando variables:

$$2) \frac{dT}{(T - T_m)} = -k dt$$

Integrando cada miembro de la ecuación:

$$3) \int \frac{dT}{(T-T_m)} = -k \int dt$$

Se obtiene:

$$4) \ln(T - T_m) = -kt + c$$

Y por tanto, la ecuación inversa es:

$$5) T - T_m = e^{-kt+c}$$

$$6) T - T_m = e^{-kt} e^c$$

Se asume que:

$$7) e^c = c$$

Se obtiene la ecuación resultante para la temperatura:

$$8) T - T_m = Ce^{-kt}$$

$$9) T = T_m + Ce^{-kt}$$

### **1.3. Principios fundamentales de la termodinámica**

La termodinámica es la ciencia que estudia las transformaciones de energía de todo tipo (mecánica, térmica, eléctrica, química, etc.) y su relación con las propiedades físicas macroscópicas de las sustancias afectadas por dichas transformaciones.

#### **1.3.1. Principio Cero de la termodinámica**

El principio Cero de la termodinámica, es una ley fenomenológica para sistemas que se encuentran en equilibrio térmico. Este principio establece que existe una determinada propiedad denominada temperatura empírica ( $\theta$ ), que es común para todos los estados de equilibrio termodinámico que se encuentren en equilibrio mutuo con uno dado.

#### **1.3.2. Primera ley de la termodinámica**

La primera ley de la termodinámica, también conocida como principio de conservación de la energía, establece que si se realiza trabajo sobre un sistema o bien éste intercambia calor con otro, la energía interna del sistema cambiará. Visto de otra forma, esta ley permite definir el calor como la energía necesaria que debe intercambiar el sistema para compensar las diferencias entre trabajo y energía interna.

#### **1.3.3. Segunda ley de la termodinámica**

El segundo principio de la termodinámica dictamina que, si la materia y la energía no se pueden crear ni destruir, sí se puede transformar, y establece el sentido en el que se produce dicha transformación.

De esta manera, según el segundo principio, cuando se tiene un sistema que pasa de un estado de equilibrio A hacia otro estado de equilibrio B, la cantidad de entropía en el estado de equilibrio B será la máxima posible, e inevitablemente mayor a la del estado de equilibrio A.

#### **1.3.4. Tercera ley de la termodinámica**

La tercera de las leyes de la termodinámica, propuesta por Walther Nernst, afirma que es imposible alcanzar una temperatura igual al cero absoluto mediante un número finito de procesos físicos. A medida que un sistema dado se aproxima al cero absoluto, su entropía tiende a un valor constante específico.

Sin embargo, debe considerarse seriamente que la teoría termodinámica se refiere única y exclusivamente a estados en equilibrio. Toda definición, corolario o concepto que de él se extraiga sólo podrá aplicarse a estados en equilibrio, por lo que, parámetros tales como la temperatura o la entropía quedarán definidos únicamente para estados en equilibrio.

## **2. FUNDAMENTOS PRINCIPALES DEL SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO DE UN VEHÍCULO**

Desde la invención de los primeros automóviles autopropulsados por vapor en el siglo XVIII, hasta nuestros días, los automóviles han alcanzado una notable evolución; y seguirán este proceso de acuerdo a las nuevas invenciones tecnológicas adaptadas a las necesidades de los usuarios.

Uno de los aspectos que ha despertado gran interés en el diseño de un automóvil es el de brindar comodidad y confort dentro del habitáculo, a través de la implementación de sistemas modernos como el ATC (Control Automático de Temperatura).

### **2.1. Reseña histórica de la evolución del aire acondicionado automotor**

El origen de los sistemas de aire acondicionado en los automóviles, podría remontarse a 1884, cuando William Whiteley tuvo la gran idea de colocar cubos de hielo en un contenedor instalado debajo de la cabina de los carruajes y, al mismo tiempo, soplar aire hacia dentro por medio de un ventilador conectado al eje.

Luego de la invención de Whiteley, la compañía estadounidense *Nash Motor* implementó un sistema de enfriamiento por evaporación llamado *Wheater Eye* (ojo climático), en el que se producía un efecto de disminución de la temperatura en el aire haciéndolo pasar sobre agua. Aunque este sistema

lograba reducir la temperatura, no era considerado como un sistema de aire acondicionado propiamente dicho.

El primer auto con un sistema de refrigeración básico fue el *Packard*, en 1939. Este sistema consistía en una espiral enfriadora que envolvía toda la cabina, y cuyo sistema de control era el interruptor de un ventilador. Dos años más tarde, la compañía *Cadillac* sacaría al mercado 300 autos con sistema de aire acondicionado. No obstante, la evolución del aire acondicionado en los automóviles se vio estancada y no fue sino hasta 1966 cuando *Motor Service Manual* publicó que se habían vendido 3 560 000 unidades de aire acondicionado para automóviles.

En la actualidad los automóviles modernos cuentan con diversos sistemas automáticos basados en proporcionar un absoluto control sobre la sensación climática que se percibe dentro del habitáculo.

## **2.2. Componentes de un sistema de aire acondicionado automotor**

La mayoría de los vehículos que existen en la actualidad poseen diferentes tipologías de aire acondicionado, pero el diseño empleado en estos sistemas son muy similares. Los componentes más comúnmente utilizados son:

### **2.2.1. Compresor**

Su función básica es comprimir el gas refrigerante, tomando para ello, parte de la potencia del motor mediante una banda de transmisión. La entrada del compresor toma el gas refrigerante de la salida del evaporador, y en algunos casos lo hace del depósito acumulador, para comprimirlo y enviarlo al

condensador, donde ocurre la transferencia del calor que se encuentra acumulado en el habitáculo del vehículo.

Los sistemas de aire acondicionado están divididos en dos partes, la de alta presión y la de baja presión; también denominados descarga y succión, respectivamente.

### **2.2.2. Condensador**

El condensador está diseñado para disipar calor, y normalmente está localizado frente al radiador, pero a veces debido al diseño aerodinámico de la carrocería del vehículo, se coloca en otro lugar. El condensador debe tener un buen flujo de aire siempre que el sistema esté en funcionamiento.

Dentro del condensador, el gas refrigerante proveniente del compresor, es enfriado; durante el enfriamiento, el gas se condensa para convertirse en líquido a alta presión.

### **2.2.3. Evaporador**

El evaporador está localizado dentro del vehículo, y sirve para absorber tanto el calor como el exceso de humedad dentro del mismo. En el evaporador el aire caliente pasa a través de las aletas de aluminio unidas a los tubos; y el exceso de humedad se condensa en las mismas. Por su parte, la suciedad y polvo que lleva el aire se adhiere a la superficie mojada de las aletas, luego el agua es drenada hacia el exterior.

La temperatura ideal del evaporador es 0 °C (32 °F). El refrigerante entra por el fondo del evaporador como líquido a baja presión. El aire caliente que

pasa a través de las aletas del evaporador hace que el refrigerante dentro de los tubos se evapore (el refrigerante tiene un punto de ebullición muy bajo). En este proceso, el refrigerante absorbe grandes cantidades de calor, el cual es llevado por el refrigerante fuera del vehículo.

Existen otros componentes de los sistemas de aire acondicionado que trabajan en conjunto con el evaporador, debido a que deben existir controles para mantener la presión y la temperatura, evitando que estos valores bajen demasiado y produzcan congelamiento alrededor de los tubos del evaporado, disminuyendo la eficiencia de la transferencia de calor.

#### **2.2.4. Dispositivos reguladores de presión**

La temperatura del evaporador puede ser controlada mediante la regulación del flujo y la presión del refrigerante dentro del mismo. Existen muchos dispositivos creados para tal fin. A continuación se presentarán los más frecuentes.

##### **2.2.4.1. Tubo orificio**

Es probablemente el dispositivo más usado para regular la presión. Está localizado en el interior del tubo de entrada del evaporador, o en la línea de líquido entre el condensador y la entrada del evaporador. Para conocer la ubicación exacta de este dispositivo, basta con tocar la línea de líquido y ubicar el punto donde la temperatura pasa de caliente a frío.

#### **2.2.4.2. Válvula de expansión térmica**

Otro regulador de presión muy común es la válvula de expansión térmica (TXV). Éste tipo de válvula mide tanto la temperatura como la presión, y es muy eficiente regulando el flujo de refrigerante que entra al evaporador. Existen diversos tipos de TXV, que a pesar de ser muy eficientes, tienen ciertas desventajas con respecto al sistema de tubo orificio, y además persiste el problema de quedar obstruido por las impurezas del refrigerante.

#### **2.2.4.3. Depósito secador**

El depósito secador se emplea en el lado de alta presión de los sistemas que utilizan una válvula de expansión térmica. Éste tipo de válvula requiere de líquido refrigerante; para tener la seguridad de que sólo el refrigerante entrará a dicha válvula, se utiliza el depósito secador, el cual separa el gas y el líquido, además de eliminar la humedad y filtrar las impurezas. Normalmente el depósito secador tiene un vidrio de nivel en la parte superior, el cual se utiliza para recargar el sistema; en condiciones normales, las burbujas de vapor no deben ser visibles por el vidrio de nivel.

#### **2.2.4.4. Acumulador**

Los acumuladores normalmente son utilizados en sistemas que utilizan tubo orificio, y están conectados a la salida del evaporador, en donde almacena el exceso de líquido que no se evaporó, debido a que si este líquido pasa al compresor podría dañarse; aunque ésta es su función principal, el acumulador también sirve para eliminar la humedad y las impurezas.

### **2.2.5. Refrigerantes**

Anteriormente los sistemas de aire acondicionado de automotores utilizaban como fluido de trabajo, un refrigerante denominado clorofluorocarbono-12 (CFC-12, conocido comercialmente como Freón); pero estudios han determinado que el CFC-12 daña la capa de ozono, por lo que se dejó de fabricar en 1995, aunque todavía existen grandes inventarios de dicho refrigerante que están siendo usados hasta que se agote la existencia.

Para sustituir al CFC-12 se utiliza el R-134, el cual es el único refrigerante alternativo que ha sido probado y recomendado por los fabricantes de automóviles y que, además, cuenta con la aprobación de la Agencia Estadounidense para la Protección Ambiental (EPA).

Existen otros refrigerantes alternativos en el mercado, como el GHG-X4, una mezcla de los siguientes refrigerantes: R-22, R-142b, R-124 y una pequeña cantidad (alrededor de 4%) de R-600 (Isobutano). Este es el refrigerante utilizado como sustituto para convertir los equipos ya instalados de aire acondicionado en los autos antiguos, con el fin de reemplazar el R-12. El isobutano presente en el GHG-X4 ayuda a que el aceite lubricante arrastrado con el refrigerante regrese al compresor, por lo que no es necesario cambios de aceite. Por otro lado, el bajo índice de isobutano garantiza que el refrigerante no corre el riesgo de ser inflamable, por lo que no existe peligro de explosión.

### **2.3. Factores internos en el acondicionamiento de un habitáculo**

Antes de iniciar el diseño del sistema de automatización, es preciso considerar algunos factores propios del vehículo e internos al habitáculo que influyen directamente en el sistema.

Basado en el documento “Desarrollo de una metodología fluídica para el estudio del confort climático en el habitáculo de un vehículo”, que a su vez, hace referencia a un estudio realizado por H.O. Nilsson, los parámetros internos a tener en cuenta al momento de realizar un estudio climático de un habitáculo, son los siguientes:

- Temperatura del aire ( $t_a$ )
- Temperatura equivalente ( $t_{eq}$ )
- Temperatura de la piel ( $t_{sk}$ )
- Caudal de aire entrante en el habitáculo
- Velocidad relativa del flujo de aire.
- Índice de indumento (CLO)
- Material utilizado en los cristales del vehículo
- Transmisividad, absorptividad y reflexibilidad
- Coeficiente de emisividad ( $\varepsilon$ )
- Temperatura media corporal

### **2.3.1. Temperatura del aire ( $t_a$ )**

Se refiere al grado de calor específico del aire en un lugar y momento determinado, así como la evolución temporal y espacial de dicho elemento en las distintas zonas climáticas. Las mediciones son tomadas con termómetros de bulbo seco de registro simple o doble. Estos datos se registran libres de influencias exteriores, para lo cual se ubican dentro de casillas de resguardo meteorológico. También existen otros medios de registrar de forma continua la temperatura mediante instrumentos mecánicos, como los termohigrógrafos o electrónicos.

En un automóvil, la temperatura del aire en el interior del habitáculo se ve influenciada constantemente por el flujo de calor latente de los propios ocupantes y factores externos como la radiación incidente en su superficie.

### **2.3.2. Temperatura equivalente (teq)**

Este término hace alusión al índice de sensación térmica que se define como la temperatura seca de un recinto (cerrado) imaginario, con movimiento de aire en reposo, en el cual una persona experimentaría el mismo intercambio térmico por radiación y convección, que en el recinto real (en el que se encuentra).

La temperatura equivalente relaciona la temperatura seca y la temperatura radiante media en la siguiente ecuación.

$$T_{eq} = (T_{seca} + T_{media\ radiante}) / 2$$

### **2.3.3. Temperatura de la piel (tsk)**

Es la temperatura a la cual se encuentra el cuerpo humano en un instante determinado. Existen varios parámetros que pueden modificar la sensación térmica de la piel, el efecto de la radiación solar, por ejemplo, o la variación de la temperatura en un recinto cerrado.

### **2.3.4. Caudal de aire entrante en el habitáculo**

Es la magnitud del volumen de aire introducido en el habitáculo por unidad de tiempo. Este dato podría ser de suma importancia al momento de valorar algún tipo de ganancia calorífica por parte de los ocupantes.

### **2.3.5. Velocidad relativa del flujo de aire**

La velocidad con la que incide el flujo de aire al habitáculo, también tendrá influencia en parámetros como la temperatura de la piel (tsk).

### **2.3.6. Índice de indumento (CLO)**

Este índice sirve para valorar el aislamiento que el indumento (la ropa o vestimenta y otros accesorios) que las personas se ponen frente a las inclemencias del ambiente al cual están expuestos.

Su unidad de medida es el CLO y se determina entre cero (0) CLO, que es la falta total de aislamiento, es decir la desnudez, y un uno (1) CLO que es el indumento normal de una persona.

### **2.3.7. Material utilizado en los cristales del vehículo**

Cada tipología de material cristalino lleva consigo características tanto de absorción como de transmisión que los define. Estas se ven afectadas dependiendo de la intensidad de radiación que las esté atravesando en cada momento. La luna delantera de un automóvil, en situaciones de día soleado, está sometida constantemente a una cierta intensidad de radiación.

### **2.3.8. Transmisividad, absorptividad y reflexibilidad**

Cuando se habla de la relación o interacción de la radiación electromagnética con un cuerpo, se deben definir matemáticamente los siguientes parámetros:

- Transmisividad ( $\tau$ )
- Reflexibilidad ( $\rho$ )
- Absortividad ( $\alpha'$ )

Donde:

$$I = \alpha' I + \rho I + \tau I$$

Factorizando para I:

$$1 = \alpha' + \rho + \tau$$

Esta ecuación variará en función de la superficie en cuestión, por ejemplo, si dicha superficie es opaca, la transmisividad ( $\tau$ ) será cero, quedando la ecuación anterior:

$$1 = \alpha' + \rho$$

Por otro lado, si es negra, la reflexibilidad ( $\rho$ ) será cero, obteniendo la ecuación:

$$1 = \alpha' + \tau$$

Cabe mencionar, que un cuerpo negro es aquel que absorbe toda la radiación electromagnética que incide sobre él.

### **2.3.9. Coeficiente de emisividad ( $\varepsilon$ )**

La emisividad ( $\varepsilon$ ) es la propiedad de un cuerpo determinado de irradiar calor en todas las direcciones del espacio, propio de los cuerpos grises. Estos cuerpos son aquellos que difieren en cantidades inferiores de emisividad comparado con el de los cuerpos negros. Es decir, para un cuerpo negro el valor  $\varepsilon = 1 = \alpha$ . Este coeficiente se utiliza matemáticamente para obtener la potencia radiante que emana de dicho cuerpo.

### **2.3.10. Temperatura media corporal**

El ser humano por naturaleza es homeotérmico, esto indica que necesita mecanismos para mantener siempre una temperatura media de 36 grados Celsius, esta es la razón del porqué, la temperatura ambiental debe situarse entre los valores de 26 grados Celsius, que es la necesaria para que todo su metabolismo funcionen correctamente. Así pues, si se supone un incremento de temperatura exterior, se activarán los mecanismos que se requieran para disminuir la temperatura corporal hasta llegara a los 36 grados, dando paso al efecto de la sudoración. En cambio si la temperatura disminuye, el hipotálamo reacciona de tal forma que provoca una inestabilidad en el equilibrio reflejándose a través de un temblor corporal.

## **2.4. Factores externos en el acondicionamiento de un habitáculo**

Luego de haber estudiado los factores internos que intervienen al momento de realizar el estudio climático en un habitáculo; también es necesario considerar los parámetros externos que modifican nuestro sistema.

#### **2.4.1. La temperatura media de radiación ( $t_r$ )**

Es la temperatura inducida por la radiación térmica desde el exterior hacia el interior del habitáculo. La  $t_r$  es debida a la incidencia de la radiación solar sobre cualquier superficie externa del habitáculo. La variación de ésta temperatura también depende del tipo de aislamiento y de la tipología de los cristales del vehículo.

#### **2.4.2. Altura solar ( $\alpha$ )**

Es el ángulo formado por la recta que une el sol con el punto a estudiar (rayo incidente) y el plano horizontal que pasa por este punto. Los valores de referencia son;  $\alpha = 0^\circ$  en el alba, y  $90^\circ$  para el ocaso (vea figura 1).

#### **2.4.3. Azimut solar ( $\gamma$ )**

Es el ángulo formado por la proyección del rayo incidente sobre un plano horizontal y la recta que señala la dirección sur.

Los valores de referencia son:

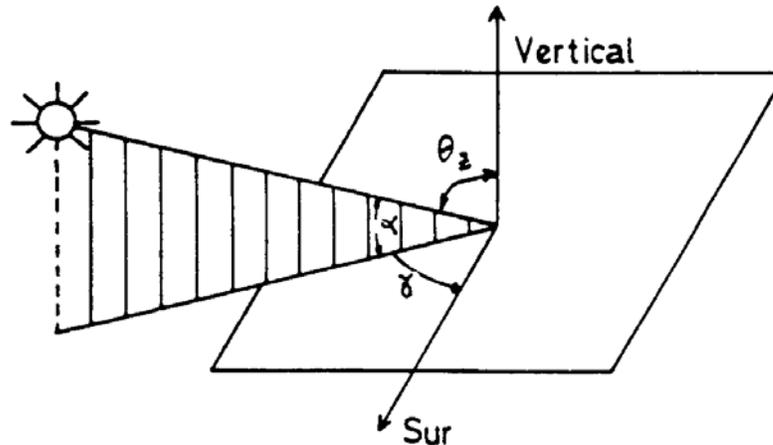
$\gamma = 0$  al mediodía.

$\gamma =$  Valor positivo por la mañana y negativo por la tarde.

#### **2.4.4. Ángulo cenital ( $\theta_z$ )**

Es el ángulo formado por el ángulo incidente y la vertical al plano horizontal. Es el ángulo complementario de la altura solar.

Figura 1. **Incidencia angular del sol**



Fuente: Corretger J.M. *La radiación solar, cinemática solar*, Universidad de Girona, 2007.

## 2.4.5. Radiación

El fenómeno de la radiación consiste en la propagación de energía en forma de ondas electromagnéticas o partículas subatómicas a través del vacío o de un medio material. Cuando se refiere a la radiación generada por el sol, se debe considerar dos tipos de radiación: la radiación directa y la radiación difusa.

### 2.4.5.1. Radiación directa

Es la que proviene directamente del sol, antes de adentrarse en la atmósfera terrestre, es decir, sin haber sufrido ningún tipo de variación en sus propiedades.

#### **2.4.5.2. Radiación difusa**

Es el resultado del paso de la radiación directa a través de la atmósfera terrestre, la cual difumina los rayos solares. Este desvío se produce por el choque directo entre los rayos solares y las partículas del aire.

### **3. AUTOMATIZACIÓN CLIMÁTICA DEL HABITÁCULO DE UN AUTOMÓVIL**

Basado en la teoría anterior que fundamenta los aspectos a considerar para el desarrollo del sistema propuesto al inicio, se pasa a elaborar el circuito que controlará de manera automática la temperatura dentro del habitáculo de un automóvil, empleando el aire acondicionado del vehículo.

El circuito está diseñado bajo el esquema de un sistema de control de lazo cerrado que garantiza la adquisición de datos en tiempo real y su retroalimentación, para determinar el nivel de la temperatura actual y programar su modificación de acuerdo al interés de cada usuario.

#### **3.1. Adquisición de datos para determinar la variación de la temperatura dentro del habitáculo**

Las pruebas para determinar la variación de la temperatura dentro del habitáculo se llevaron a cabo durante dos días consecutivos, realizándose en ambas ocasiones a las 13:30 horas, local. Para el desarrollo de estas pruebas se utilizó un vehículo de marca Toyota, modelo 1996; con vidrios polarizados de color café claro en los costados y en la parte trasera, el *windshield* de color transparente sin polarizar; en la parte interna, los asientos y la tapicería de color gris. Cabe mencionar que todas las pruebas fueron efectuadas con 3 personas dentro del automóvil.

La primera fase del experimento consistió en dejar el vehículo estacionado en el parqueo de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de

Guatemala (USAC), con una temperatura ambiente de 26 °C, humedad relativa de 84% y una velocidad del viento de 14 kilómetros por hora.

Los principales factores considerados durante la toma de datos fueron: la incidencia directa del sol hacia la superficie externa del vehículo y la posición de los ventanales de las compuertas.

Tabla I. **Medición del aumento de la temperatura dentro del habitáculo con los ventanales completamente cerrados**

<b>Tiempo (minutos)</b>	<b>Temperatura ( °C)</b>
0	26,5
1	27,0
2	27,5
3	28,0
4	28,5
5	29,0
6	29,5
7	30,0
8	31,0
9	32,0
10	33,0
11	34,0
12	35,0
13	36,0

Fuente: elaboración propia.

Tabla II. **Medición del descenso de la temperatura dentro del habitáculo con los ventanales completamente abiertos**

<b>Tiempo (minutos)</b>	<b>Temperatura ( °C)</b>
0	36,0
1	36,0
2	35,5
3	35,5
4	35,0
5	35,0
6	34,5
7	34,5
8	34,0
9	34,0
10	33,5
11	33,0
12	33,0
13	32,0

Fuente: elaboración propia.

En la tabla I se muestra el incremento de la temperatura dentro de un automóvil parqueado, con plena incidencia del sol sobre su superficie. Los resultados muestran un considerable aumento de temperatura a razón de 0,5 grados en los primeros seis minutos y un notable crecimiento de 1,0 grados en los minutos posteriores.

Una vez alcanzado el máximo valor indicado en la tabla I, se procedió a bajar los ventanales del vehículo, obteniendo los valores expresados en la tabla II. Se puede apreciar un lento descenso en la temperatura sin que ésta descienda completamente a su valor inicial.

Durante el segundo día las pruebas se realizaron con el vehículo en marcha, bajo una temperatura ambiental de 26 °C, humedad 78% y una velocidad de viento 11 kilómetros por hora. La trayectoria del vehículo durante la toma de datos inició en la sede central de la USAC, zona 12 de la ciudad capital de Guatemala, recorriendo sobre el Anillo Periférico hasta el del final del mismo, con una velocidad media de 60 kilómetros por hora.

**Tabla III. Medición del aumento de la temperatura con el vehículo en movimiento y los ventanales completamente cerrados**

<b>Tiempo (minutos)</b>	<b>Temperatura ( °C)</b>
0	26,5
1	27,0
2	27,5
3	28,0
4	29,0
5	30,0
6	31,5
7	33,0
8	34,0
9	35,0
10	35,5
11	36,0
12	36,5
13	36,5

Fuente: elaboración propia.

Tabla IV. **Medición del descenso de la temperatura con el vehículo en movimiento y los ventanales completamente abiertos**

Tiempo (minutos)	Temperatura ( °C)
0	36,5
1	34,5
2	33,0
3	32,0
4	32,0
5	31,5
6	31,5
7	31,0
8	31,0
9	31,0
10	30,5
11	30,5
12	30,5
13	30,5

Fuente: elaboración propia.

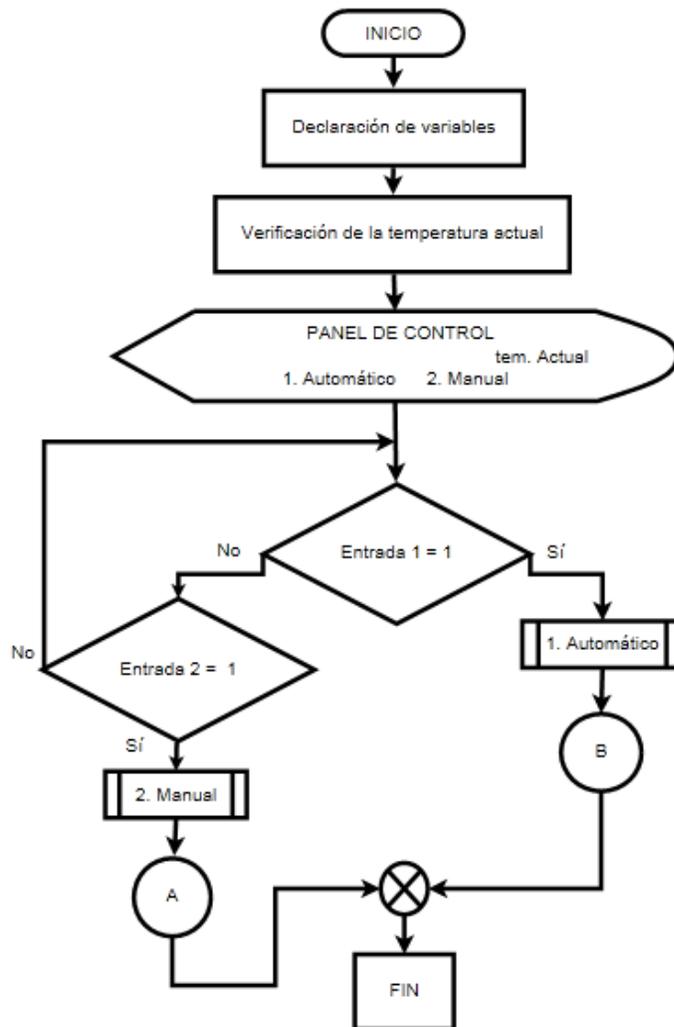
Las tablas III y IV muestran el comportamiento de la temperatura dentro del automóvil en movimiento. El aumento de la temperatura en este experimento es análogo al del experimento anterior. Por otro lado, al momento de bajar los ventanales, el descenso de la temperatura experimenta un gran impacto debido a las corrientes de viento que empiezan a circular en su interior.

En conclusión, para disminuir la temperatura dentro del automóvil, solo bastaría con bajar los cristales del vehículo o activar el aire acondicionado manualmente, pero no se obtendría una estabilidad en la temperatura al nivel deseado. Asimismo, se experimentaría pérdida de potencia en el motor por mantener el aire acondicionado activado en todo momento. Esto se corrige empleando un diseño que active el sistema únicamente el tiempo necesario.

### 3.2. Diagramas de flujo del programa

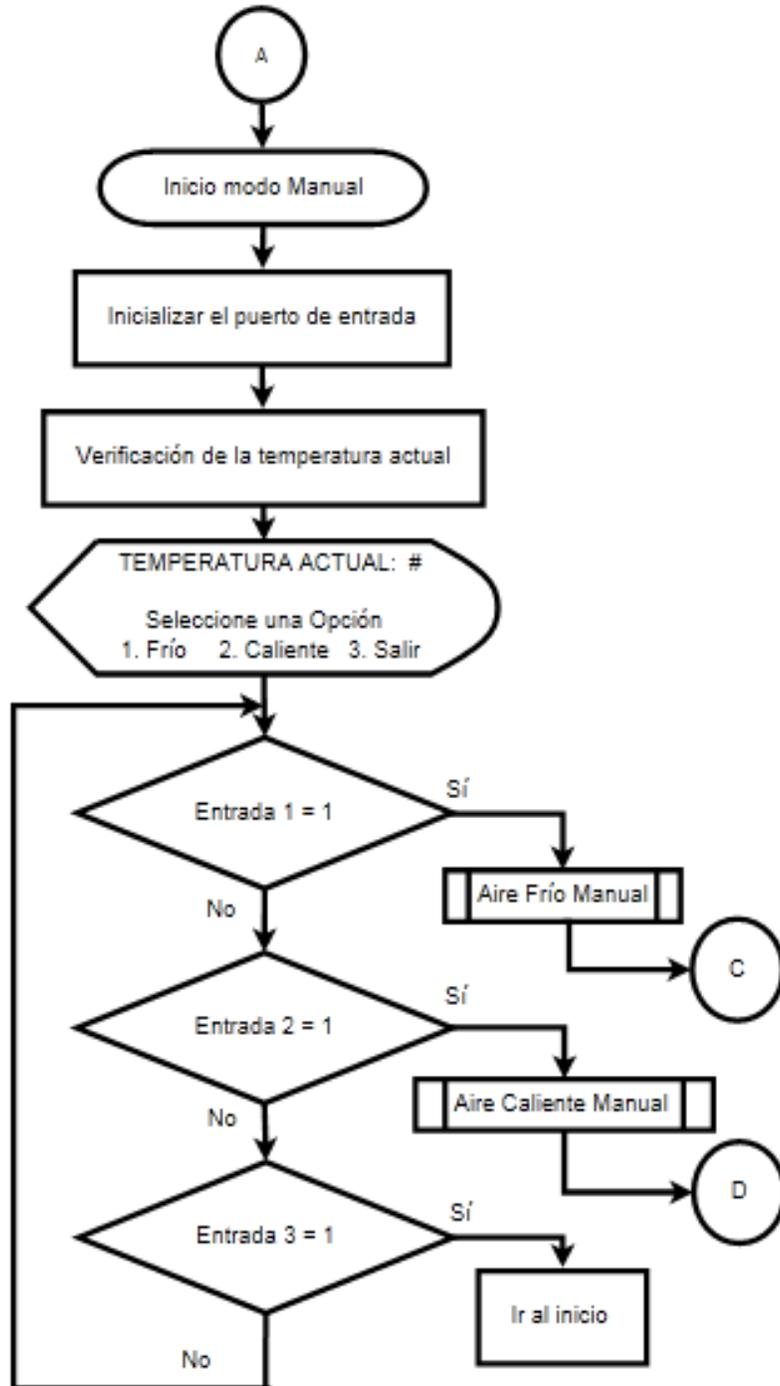
En esta sección se muestran los diagramas de flujo que serán la base para iniciar la escritura del código de programación. Estos diagramas de flujo están elaborados con el editor de diagramas DIA, de acceso gratuito a través de la *web*.

Figura 2. Diagrama de flujo del programa principal



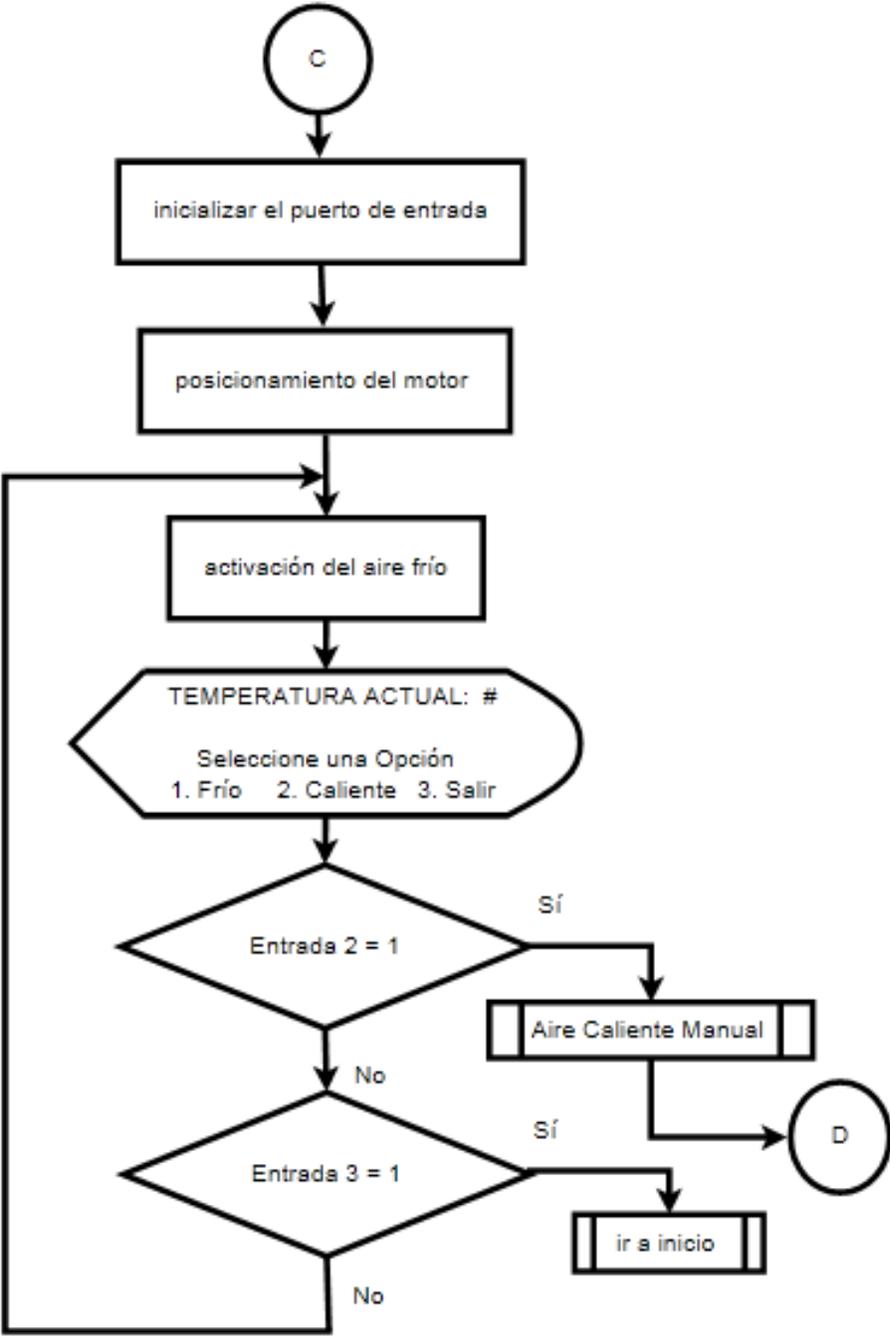
Fuente: elaboración propia.

Figura 3. Diagrama de flujo de la opción Manual



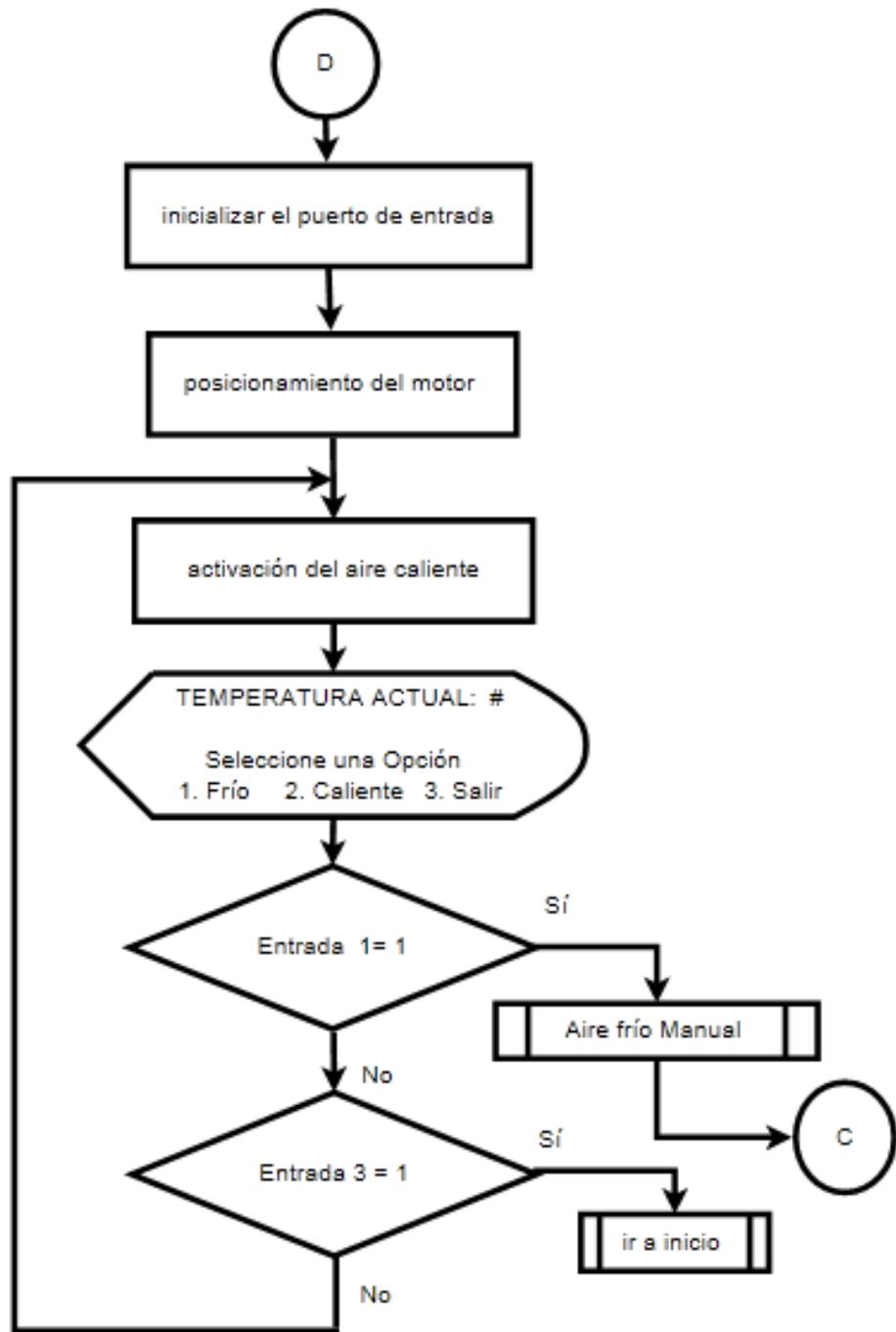
Fuente: elaboración propia.

Figura 4. Subrutina para la opción de aire frío



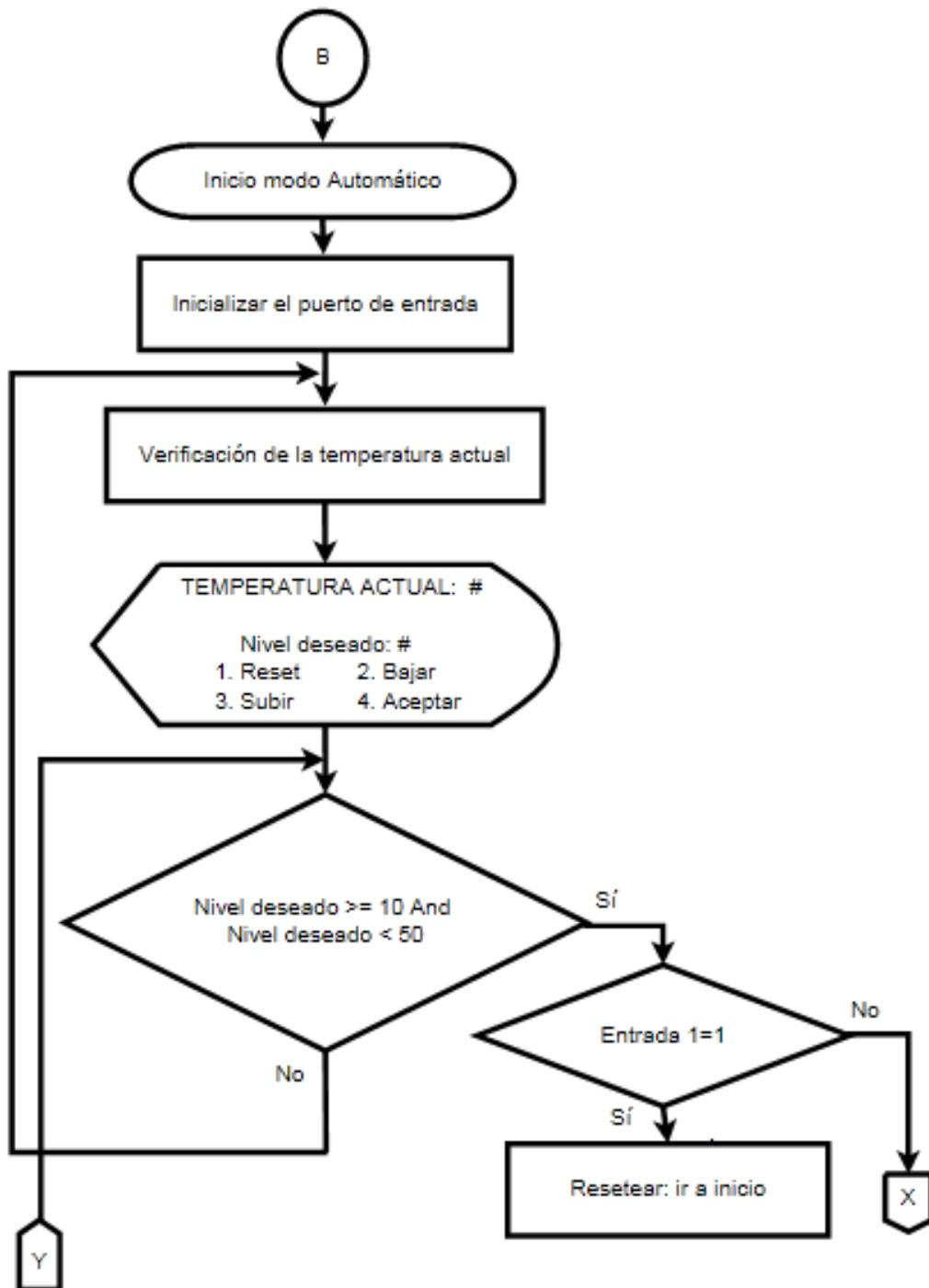
Fuente: elaboración propia.

Figura 5. Subrutina para la opción de aire caliente



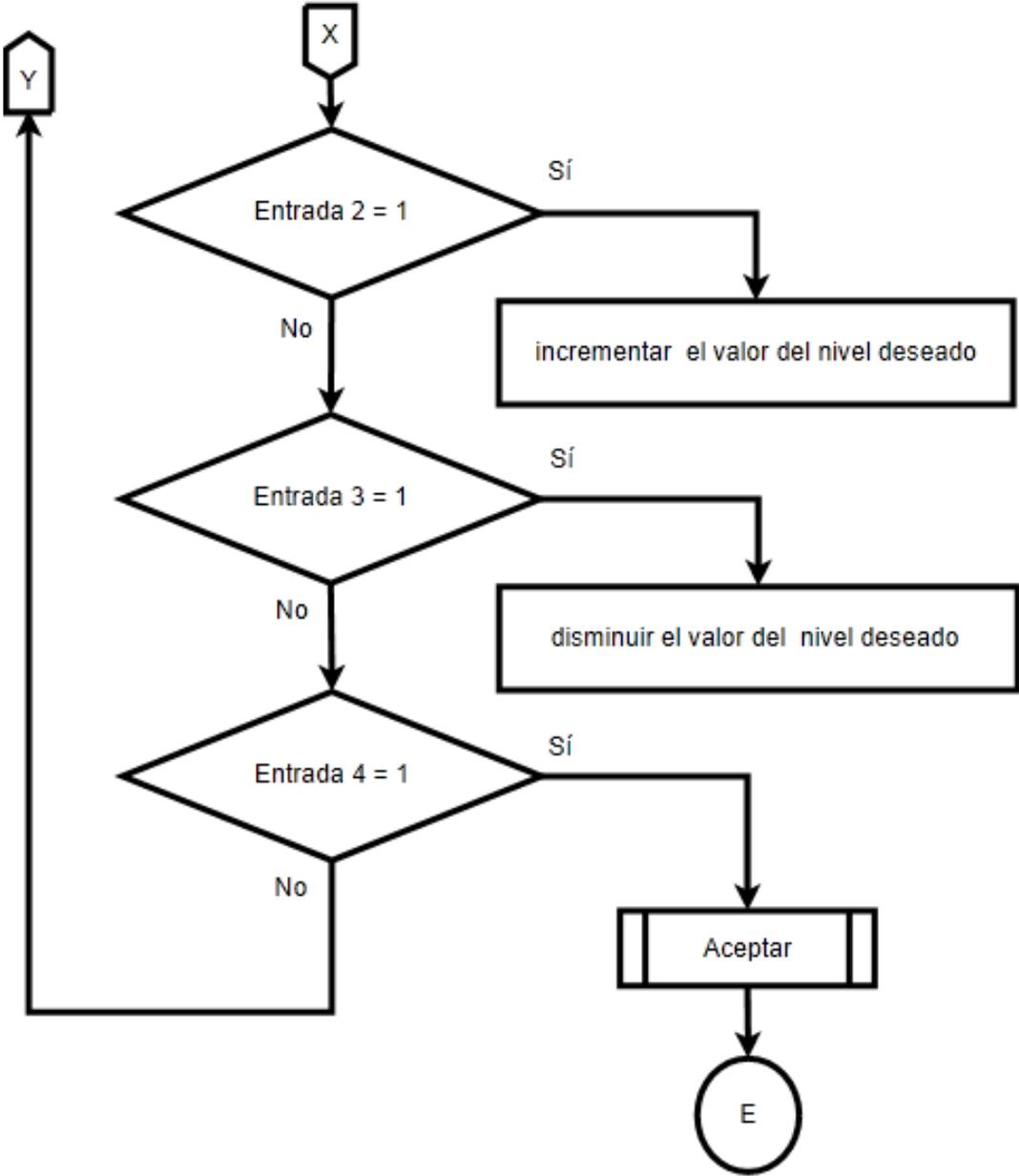
Fuente: elaboración propia.

Figura 6. Diagrama de flujo de la opción Automático



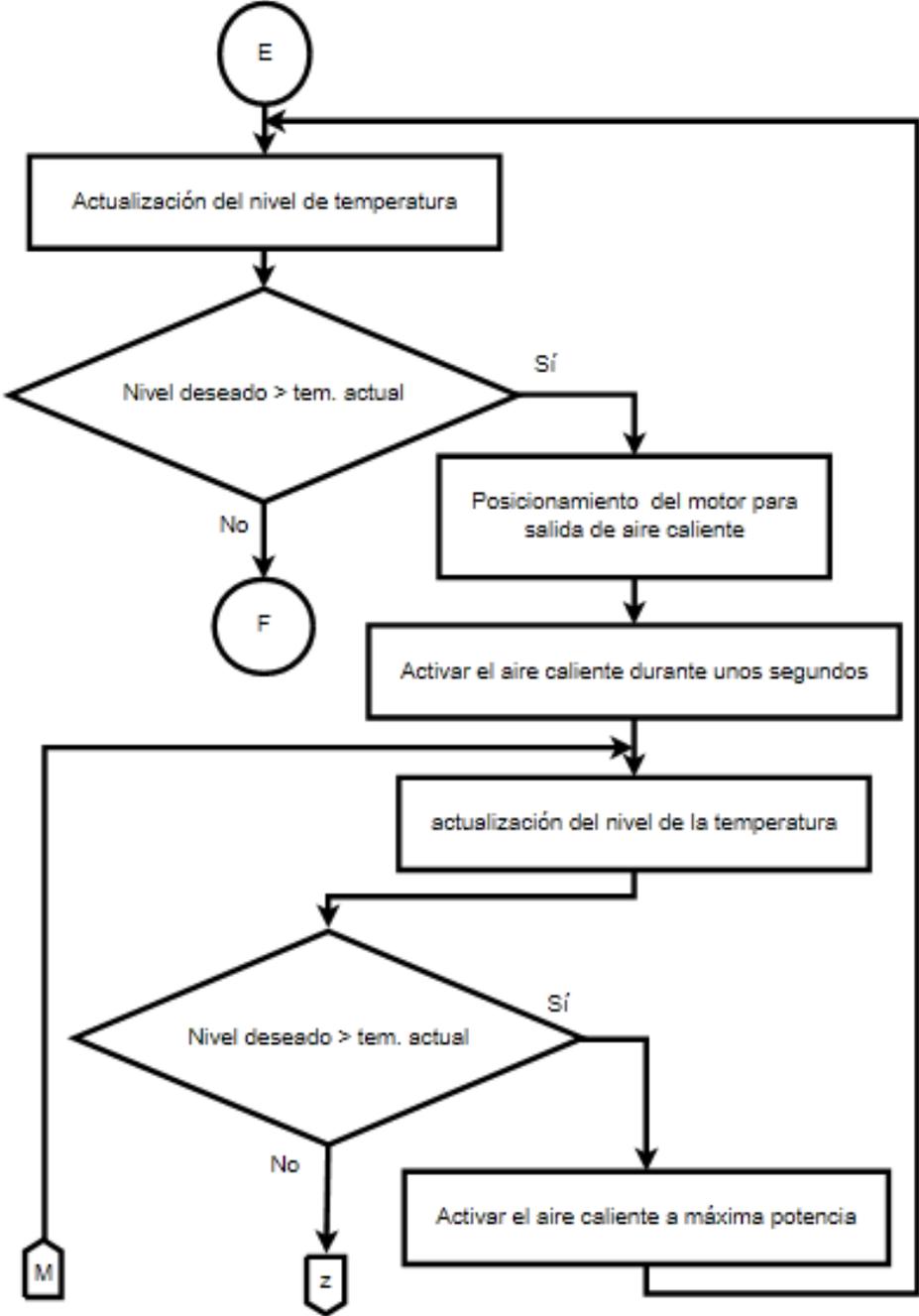
Fuente: elaboración propia.

Figura 7. Continuación del diagrama de flujo de la opción Automático



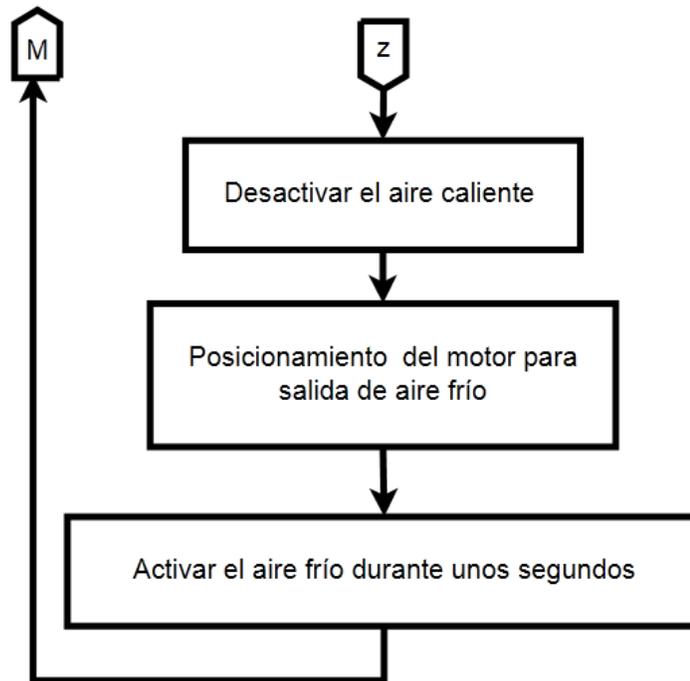
Fuente: elaboración propia.

Figura 8. Subrutina para activar el generador de aire caliente



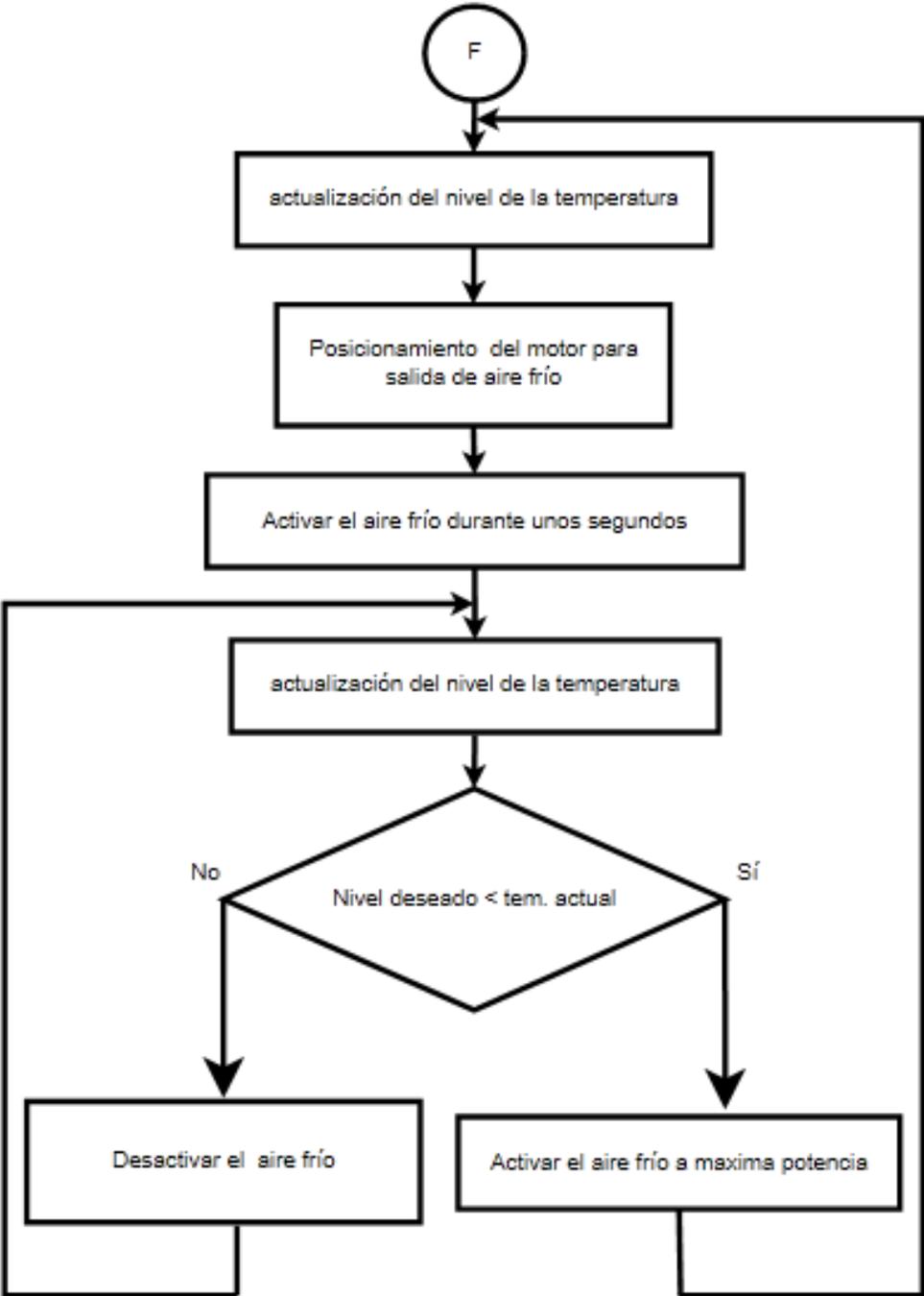
Fuente: elaboración propia.

Figura 9. **Continuación de la subrutina para activar el generador de aire caliente**



Fuente: elaboración propia.

Figura 10. Subrutina para activar el generador de aire frío



Fuente: elaboración propia.

### 3.3. Algoritmo de programación

La programación del microcontrolador está expresada en el Lenguaje *Basic*, para lo cual se ha seleccionado el ambiente integrado de desarrollo MicroCode Studio (IDE) como editor de texto (vea inciso 3.6).

En las siguientes líneas se expresa el código fuente del programa que contiene las instrucciones que se grabaran en el microcontrolador.

#### 3.3.1. Definición de variables

```
Define ADC_CLOCK = 3
Define ADC_SAMPLEUS =50
Define LCD_LINES = 4
Define LCD_CHARS = 20
Define LCD_BITS = 4
Define LCD_DREG = PORTB
Define LCD_DBIT = 4
Define LCD_RSREG = PORTB
Define LCD_RSBIT = 2
Define LCD_EREG = PORTB
Define LCD_EBIT = 3
Define LCD_RWREG = 0
Lcdinit 3
ADCON1 = 0x02
TRISB = 0
TRISA = 0xff
TRISC = 0x07
Dim deseado As Word
```

Dim s1(5) As Word  
Dim vm1 As Word  
Dim s2(5) As Word  
Dim vm2 As Word  
Dim s3(5) As Word  
Dim vm3 As Word  
Dim cont As Byte  
Dim x As Word

### **3.3.2. Programa principal**

Inicio:

```
PORTC = 0
Gosub temperatura
Deseado = vm1
Lcdcmdout LcdClear
Lcdcmdout LcdLine1Home
Lcdout " PANEL DE CONTROL "
Lcdcmdout LcdLine2Home
Lcdout "TEMPERATURA ACTUAL: ", #vm1, 0, "C"
Lcdcmdout LcdLine3Home
Lcdout " 2: AUTOMATICO"
Lcdcmdout LcdLine4Home
Lcdout "3: MANUAL"
WaitMs 50

If PORTC.1 = 1 Then Goto automatic
If PORTC.0 = 1 Then Goto manual
```

Goto inicio

End

### **3.3.3. Subrutina para verificar la temperatura dentro del automóvil**

Temperatura:

For cont = 0 To 4

Adcin 2, s1(cont)

Adcin 0, s2(cont)

Adcin 4, s3(cont)

Next cont

vm1 = 0

vm2 = 0

For cont = 0 To 4

vm1 = vm1 + s1(cont)

vm2 = vm2 + s2(cont)

vm3 = vm3 + s3(cont)

Next cont

vm1 = (vm1 + vm2 + vm3) / 30

Return

### **3.3.4. Subrutina para mostrar el nivel actual de la temperatura**

Actualización:

Lcdcmdout LcdClear

Gosub temperatura

Lcdcmdout LcdLine1Home

Lcdout "ESTADO ACTUAL: ", #vm1, 0, "C"

```
Lcdcmdout LcdLine2Home
Lcdout "NIVEL DESEADO: ", #deseado, 0, "C"
Lcdcmdout LcdLine3Home
Lcdout "1: RESET"
Lcdcmdout LcdLine4Home
Lcdout "4: NUEVO NIVEL"
WaitMs 50
Return
```

### **3.3.5. Subrutina para mostrar las opciones de temperatura**

Opcionormal:

```
Lcdcmdout LcdClear
Gosub temperatura
Lcdcmdout LcdLine1Home
Lcdout "TEMPERATURA ACTUAL: ", #vm1, 0, "C"
Lcdcmdout LcdLine2Home
Lcdout "2: FRIO"
Lcdcmdout LcdLine3Home
Lcdout "3: CALIENTE"
Lcdcmdout LcdLine4Home
Lcdout "4: SALIR"
WaitMs 100
Return
```

### **3.3.6. Subrutina que muestra el menú de opciones para el modo Manual**

Manual:

```
PORTC = 0
Gosub opcionormal
If PORTC.1 = 1 Then
Goto frio
Endif
    If PORTC.0 = 1 Then
    Goto caliente
    Endif
        If PORTC.2 = 1 Then
        Goto inicio
        Endif
```

Goto manual

### **3.3.7. Subrutina para la opción de aire frío**

Frío:

```
PORTC = 0
PORTC.3 = 0
PORTC.4 = 1
WaitMs 7000
PORTC.4 = 0
```

Loop6:

```
PORTC.5 = 1
PORTC.6 = 1
Gosub opcionormal
```

```
If PORTC.0 = 1 Then
Goto caliente
Endif
    If PORTC.2 = 1 Then
    Goto inicio
    Endif
    Goto loop6
Goto frio
```

### **3.3.8. Subrutina para la opción de aire caliente**

Caliente:

```
PORTC = 0
PORTC.4 = 0
PORTC.3 = 1
WaitMs 7000
PORTC.3 = 0
```

Loop5:

```
PORTC.6 = 1
Gosub opcionormal
If PORTC.1 = 1 Then
Goto frio
Endif
    If PORTC.2 = 1 Then
    Goto inicio
    Endif
    Goto loop5
Goto caliente
```

### 3.3.9. Subrutina que muestra el menú de opciones para el modo Automático

Automático:

```
PORTC = 0
Lcdcmdout LcdClear
Gosub temperatura
Lcdcmdout LcdLine1Home
Lcdout "ESTADO ACTUAL: ", #vm1, 0, "C"
Lcdcmdout LcdLine2Home
Lcdout "NIVEL DESEADO: ", #deseado, 0, "C"
Lcdcmdout LcdLine3Home
Lcdout " 1: RESET   2: SUBIR"
Lcdcmdout LcdLine4Home
Lcdout " 3: BAJAR   4: ACEPTAR"
WaitMs 100
```

```
If deseado >= 10 And deseado < 50 Then
  If PORTC.1 = 1 Then
    deseado = deseado + 1
    WaitMs 30
  Endif
Endif
```

```
If deseado > 10 And deseado <= 50 Then
  If PORTC.0 = 1 Then
    deseado = deseado - 1
    WaitMs 30
  Endif
```

```
        Endif
    If PORTC.2 = 1 Then Goto aceptar
Goto automatico
```

### **3.3.10. Subrutina para activar el generador de aire caliente**

Aceptar:

```
    If deseado > vm1 Then
        Gosub actualizacion
        PORTC.4 = 0
        PORTC.3 = 1
        WaitMs 4000
        PORTC.3 = 0
            PORTC.6 = 1
            WaitMs 8000
            PORTC.6 = 0
```

Loop2:

```
    Gosub actualizacion
    If PORTC.2 = 1 Then
        Goto automatico
    Endif
    If vm1 < deseado Then
        PORTC.5 = 0
        WaitMs 200
        PORTC.4 = 0
        PORTC.3 = 1
        WaitMs 3500
        PORTC.3 = 0
```

```
    PORTC.6 = 1
    WaitMs 10
    PORTC.7 = 1

    Else
        PORTC.7 = 0
        WaitMs 10
        PORTC.6 = 0
        WaitMs 200
        PORTC.3 = 0
        PORTC.4 = 1
        WaitMs 3500
        PORTC.4 = 0
        PORTC.5 = 1
        PORTC.6 = 1
        WaitMs 8000
        PORTC.6 = 0
    Endif
Goto loop2
Endif
```

### **3.3.11. Subrutina para activar el generador de aire frío**

```
If deseado < vm1 Then
    Gosub actualizacion
    PORTC.3 = 0
    PORTC.4 = 1
    WaitMs 4000
    PORTC.4 = 0
```

```
PORTC.5 = 1
PORTC.6 = 1
WaitMs 8000
PORTC.6 = 0
PORTC.5 = 0
```

Loop3:

```
Gosub actualizacion
If PORTC.2 = 1 Then
    Goto automatico
Endif
```

```
If vm1 > deseado Then
    PORTC.6 = 1
    WaitMs 10
    PORTC.7 = 1
    PORTC.5 = 1
```

```
Else
    PORTC.5 = 0
    PORTC.7 = 0
    PORTC.6 = 1
    WaitMs 8000
    PORTC.6 = 0
```

```
Endif
```

```
Goto loop3
```

```
Endif
```

```
Goto aceptar
```

### **3.4. Descripción de componentes electrónicos utilizados en el proyecto**

A continuación se describen las características fundamentales y el modo de operación de los dispositivos electrónicos utilizados en el diseño del sistema climatizador.

#### **3.4.1. Microcontrolador (16F870)**

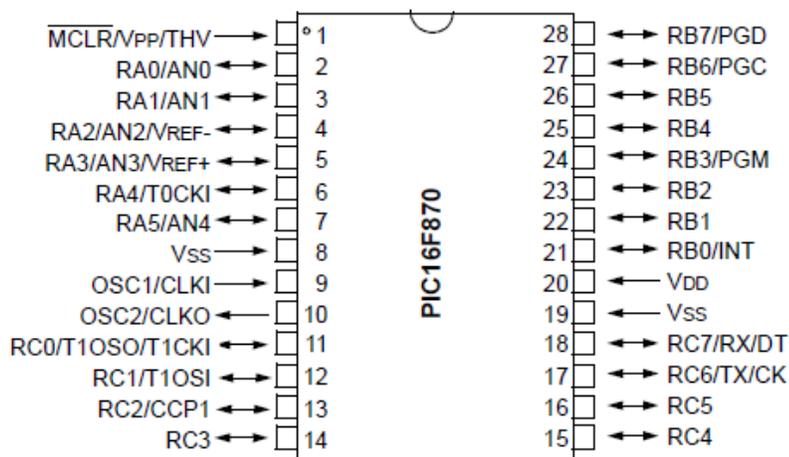
Un microcontrolador (PIC) es un circuito integrado que en su interior contiene una unidad central de procesamiento (CPU), unidades de memoria (RAM y ROM) y puertos periféricos. El microcontrolador 16F870 forma parte de la subfamilia de microcontroladores 16F87X de 8 bits con memoria flash incorporado.

Este microcontrolador posee 28 pines que se distribuyen en 3 puertos y algunas funciones especiales, lo que lo hace útil para el funcionamiento del sistema propuesto. Además, posee dos bloques de memoria, siendo éstas, la memoria del programa y la memoria de datos. La memoria del programa tiene capacidad para 1024 palabras (1kB) que se traduce en 1024 las instrucciones. La memoria de datos (RAM), contiene 68 bytes. Cada bloque tiene su propio autobús, por lo que el acceso a cada bloque puede ocurrir durante el mismo ciclo del oscilador.

El PIC 16F870 constituye el cerebro del sistema de automatización aquí propuesto. Es el encargado de procesar la información proveniente de los sensores de temperatura y del teclado de control. Asimismo, tiene jerarquía sobre el elemento final de control que en este caso lo representan un modulo de

motor de DC que, de acuerdo a su posición, determina el paso del aire hacia el habitáculo (vea inciso 3.4.4.).

Figura 11. **Microcontrolador (16F870)**



Fuente: [www.DatasheetCatalog.com](http://www.DatasheetCatalog.com). Consulta: 04 de agosto de 2012.

### 3.4.2. Visualizador de cristal líquido (LCD)

Es un dispositivo electrónico utilizado para visualizar los datos de un procedimiento o el resultado de una acción del circuito al que está conectado. Está construido como una pantalla delgada y plana formada por un número de píxeles en color o monocromos, colocados delante de una fuente de luz.

Dispone de una memoria *DD RAM (Display Data Ram)* y una memoria *CG RAM (Character Generator Ram)*. En la memoria *DD RAM* almacenan los caracteres que están siendo visualizados o que se encuentran en posiciones no visibles. En la memoria *CG RAM* contiene los caracteres definibles por el usuario, está formada por 64 posiciones, con direcciones \$00 a \$3F.

El LCD está conformado por una matriz de 5x8 puntos, capaz de representar un total 256 caracteres diferentes; 240 caracteres están grabados dentro del LCD y representan las letras mayúsculas, minúsculas, signos de puntuación y números, entre otros. Existen 8 caracteres que pueden ser definidos por el usuario.

Figura 12. **Visualizador de cristal líquido (LCD 20x4)**



Fuente: *Bunsun Electronics Co., Limited.*

### **3.4.3. Sensor de temperatura (LM35)**

Es un dispositivo de precisión de temperatura, cuya tensión de salida es linealmente proporcional a la temperatura expresada en grados Celsius (centígrados).

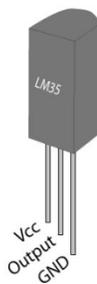
El LM35 no requiere ninguna calibración externa o de recorte para proporcionar una precisión típica de  $\pm 1/4$  °C a temperatura ambiente, y  $\pm 3/4$  °C durante un pleno rango de temperatura que va desde -55 °C a 150 °C.

Sus características más sobresalientes son:

- Su tensión de salida  $V_{out}$  es proporcional a la temperatura en una proporción de  $10\text{mV}/^{\circ}\text{C}$ .
- $0.5^{\circ}\text{C}$  exactitud (a  $+25^{\circ}\text{C}$ )
- Su rango de funcionamiento está comprendido entre  $-55^{\circ}\text{C}$  a  $+150^{\circ}\text{C}$
- Su tensión de funcionamiento  $V_s$  está entre  $+4\text{VDC}$  y  $+30\text{VDC}$
- Baja corriente de alimentación ( $60\mu\text{A}$ )
- Adecuado para aplicaciones remotas

En el climatizador propuesto, los sensores LM35 son de vital importancia para detectar la temperatura interna del automóvil y proporcionar un nivel de voltaje de salida de acuerdo a la temperatura percibida, ésta a su vez, es enviada al microcontrolador para ser procesada y determinar la acción correspondiente.

Figura 13. **Sensor de temperatura (LM35)**



Fuente: [www.engineersgarage.com](http://www.engineersgarage.com). Consulta: 09 de agosto de 2012.

#### **3.4.4. Controlador de motor (L293D)**

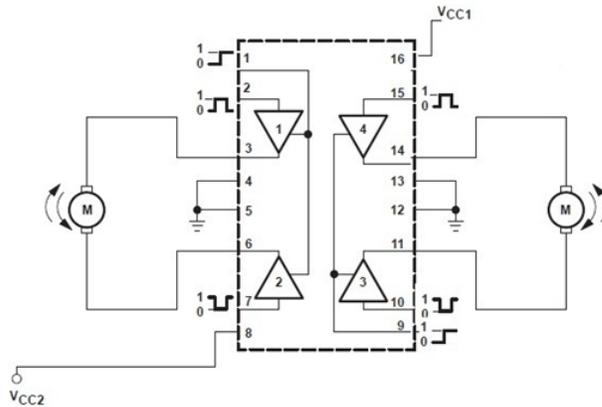
El diseño del sistema contempla la utilización de un motor de corriente directa como elemento final de control. Este elemento es el encargado de posicionarse, de acuerdo a la indicación del microcontrolador, para permitir la circulación del aire dentro del habitáculo.

Al conecta el motor directamente a las terminales del microcontrolador se producen daños irreparables en el circuito integrado, por lo que se justifica la utilización del controlador L293D que cuenta con diodos de protección para evitar daños causados por los picos de voltaje del motor.

El L293D es un circuito integrado para control de motores simultáneos en forma bidireccional; el circuito cuenta con dos puentes, cada uno con un par de canales capaces de proporcionar una corriente de salida de hasta un amperio por canal. Cada canal es controlado por señales de entrada compatibles TTL y cada pareja de canales dispone de una señal de habilitación que desconecta las salidas de los mismos.

Dispone de una patilla para la alimentación de las cargas que se están controlando, de manera que dicha alimentación es independiente de la lógica de control (vea figura 14).

Figura 14. Diagrama del controlador de motor (L293D)



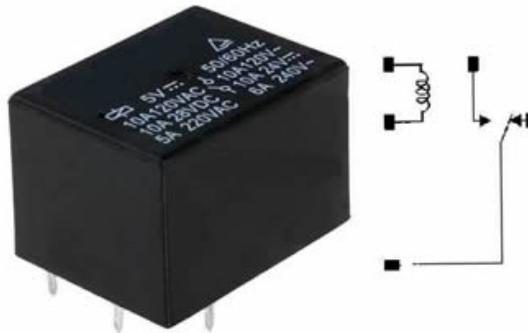
Fuente: [www.DatasheetCatalog.com](http://www.DatasheetCatalog.com). Consulta: 11 de agosto de 2012.

### 3.4.5. Relé

Es un dispositivo electromecánico que funciona como un interruptor controlado por un circuito eléctrico en el que, por medio de una bobina y un electroimán, se acciona un juego de uno o varios contactos que permiten abrir o cerrar otros circuitos eléctricos independientes.

La implementación de los relés en el sistema de climatización cumple la función básica de *swichar* los cables necesarios y evitar que el circuito de control tenga conexión directa con las altas corrientes que circulan en los conductores del sistema eléctrico del automóvil (vea figura 15).

Figura 15. **Relé**



Fuente: [www.yoreparo.com](http://www.yoreparo.com). Consulta: 11 de agosto de 2012.

### **3.4.6. Motor de corriente continua**

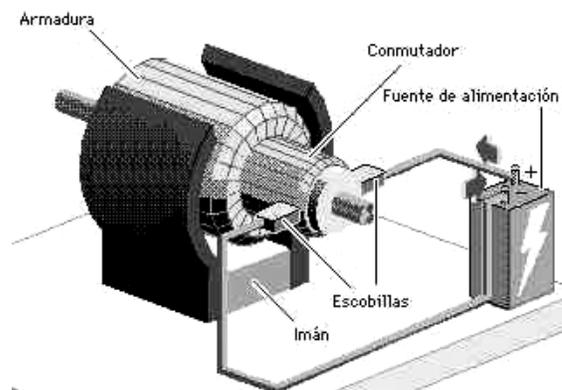
El motor de corriente continua, también llamado motor lineal, es una máquina que convierte la energía eléctrica en energía mecánica mediante un campo magnético que genera un movimiento rotatorio.

El motor de corriente continua se compone principalmente de dos partes, un estator que da soporte mecánico al aparato y una parte giratoria llamada rotor; el estator tiene un hueco en el centro, generalmente de forma cilíndrica, donde se encuentran los polos que pueden ser de imanes permanentes o devanados con hilo de cobre sobre núcleo de hierro; el rotor es habitualmente de forma cilíndrica con devanado y núcleo donde le llega la corriente mediante dos escobillas.

En este diseño se ha empleado un motor como elemento final de control que acciona la parte mecánica del sistema de automatización para determina qué tipo de aire pasa por el conducto hacia el habitáculo, según la temperatura de referencia. Vale la pena señalar que, el motor como elemento final de control

está subordinado por el controlador de motor L293D (vea inciso 3.4.4.) y este último, controlado por el microcontrolador.

Figura 16. **Motor de corriente continua**



Fuente: [www.Fisicanet.com.ar](http://www.Fisicanet.com.ar). Consulta: 14 de agosto de 2012.

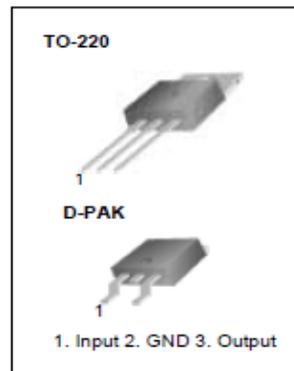
### 3.4.7. **Regulador de voltaje (7805)**

Los circuitos integrados 78xx representan una familia de reguladores de tensión positiva. El código que aparece después de los dos números que designan a la familia de reguladores, hace referencia a la tensión de salida suministrada y a la corriente que es capaz de suministrar. Usualmente el encapsulado que se utiliza para su fabricación es el TO220 aunque también es posible encontrar encapsulados más pequeños.

El regulador de voltaje 7805 es un circuito integrado que tiene 3 pines: entrada, tierra y salida. Su funcionamiento es entregar en la salida un voltaje constante, el cual sirve para alimentar circuitos electrónicos sin peligro de que sufran daños provocados por los cambios de tensión.

En este proyecto se utiliza un regulador 7805 con el fin de reducir el voltaje proporcionado por el vehículo (12v), y evitar desperfectos en los dispositivos de control que generalmente operan alrededor de los 5v.

Figura 17. **Regulador de Voltaje (7805, encapsulado TO220)**



Fuente: [www.DatasheetCatalog.com](http://www.DatasheetCatalog.com). Consulta: 18 de agosto de 2012.

### 3.4.8. Otros dispositivos utilizados

También se utilizan algunos otros dispositivos para el funcionamiento del circuito, tal es el caso de cuatro *push button* (pulsadores) como dispositivos de entrada; resistencias de  $1k\Omega$  para polarizar las señales de entrada procedentes de los pulsadores, en este caso se utilizó la configuración *Pulldown* (polarización baja).

Así mismo, se utilizan capacitores de  $220\mu\text{f}$  en la entrada y salida del regulador de voltaje para eliminar cualquier fluctuación de tensión. Finalmente, se hace mención al uso del potenciómetro conectado a los pines 13, 14 y 15 de la LCD para ajustar el voltaje de contraste (vea inciso 3.5).



El diagrama del circuito (vea figura 16), muestra la forma de interconectar cada uno de los dispositivos empleados para el funcionamiento del sistema de automatización del aire acondicionado de un vehículo.

El nivel de la temperatura en el habitáculo es captado por los sensores LM35 etiquetados como R4, R5 y R6; estos sensores llevan la señal a las entradas analógicas RA0/AN0, RA2/AN2 y RA5/AN5 del microcontrolador para ser procesadas y convertidas a señales digitales.

Los pines 11, 12 Y 13, que corresponden al puerto C del microcontrolador, reciben las señales de tres pulsadores de control; S2, S3, y S4, que es donde el usuario del sistema ingresará los datos deseados. El pin número uno identificado como MCLR está conectado al pulsador S1 que se emplea para reiniciar el sistema.

Los pines RC3 y RC4 están acoplados al integrado L293D, descrito en el diagrama como IC9 e IC10, destinado al control del motor de corriente directa que es el encargado de posicionar la válvula por donde circulara el aire acondicionado. RC5, RC6, RC7 están enlazados a los *buffers* que activan los relés.

Por su parte, el puerto B del microcontrolador cumple la función de conectar el módulo de visualización, que en este caso será la LCD.

Finalmente, el transistor 7805 y los capacitores están reservados a la regulación del voltaje que empleará el sistema.

### 3.6. **Software empleado para la programación del microcontrolador**

La programación del microcontrolador estará escrita en el Lenguaje Basic para lo cual se ha seleccionado el ambiente integrado de desarrollo MicroCode Studio (IDE) de microEngineering Labs, Inc; como editor de texto.

Figura 19. **Software de programación del PIC**



Fuente: [www.microengineeringlabs.com](http://www.microengineeringlabs.com). Consulta: 29 de agosto de 2012.

Una vez instalado Microcode Studio, es importante tomar en cuenta que antes de iniciar este *software*, es necesario instalar el compilador del Lenguaje *Basic*, el cual es indispensable para la generación del código que será cargado en el microcontrolador. En este proyecto se ha utilizado el *software* PICBasic Pro Compiler, como compilador del código de programación.

Figura 20. **Compilador del Lenguaje Basic**



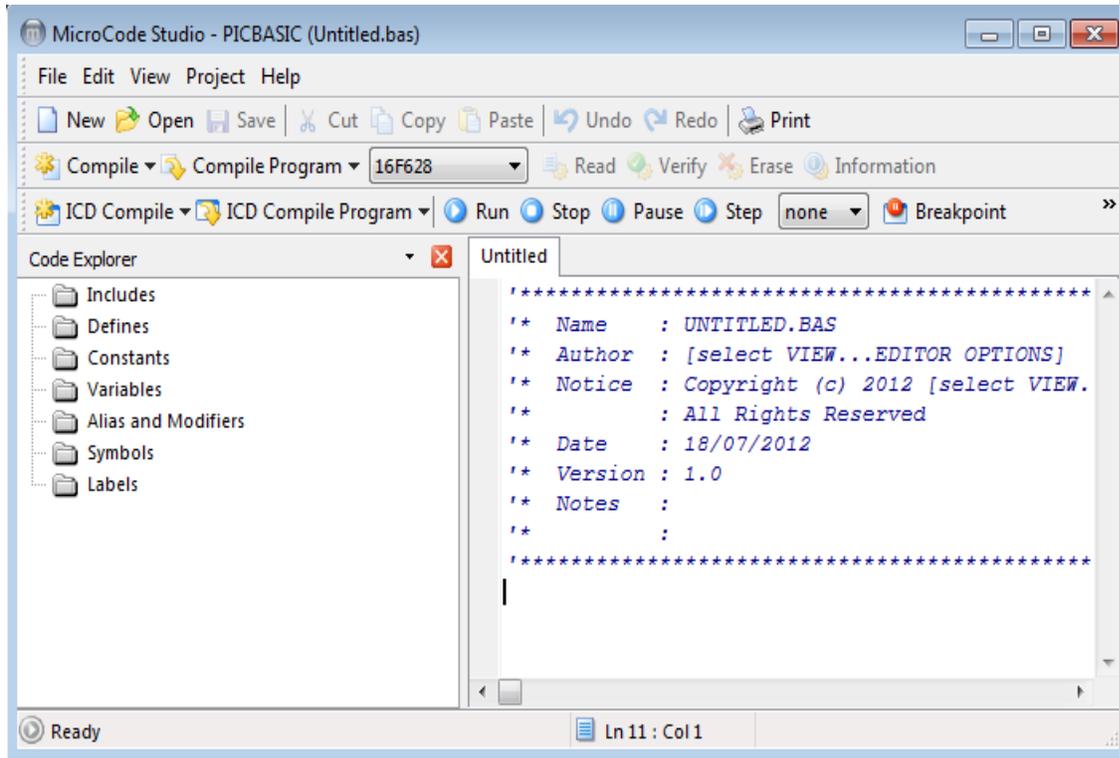
Fuente: [www.microengineeringlabs.com](http://www.microengineeringlabs.com). Consulta: 29 de agosto de 2012.

### **3.6.1. Integrando el compilador al ambiente de MicroCode Studio**

Es importante integrar el editor MicroCode Studio con el compilador PicBasic Pro indicando la ruta en la cual se encuentra instalado. Para esto debemos iniciar el *software* y seguir las siguientes instrucciones:

- A. Desde el menú de inicio de Windows, ejecutar MicroCode Studio (vea figura 21).

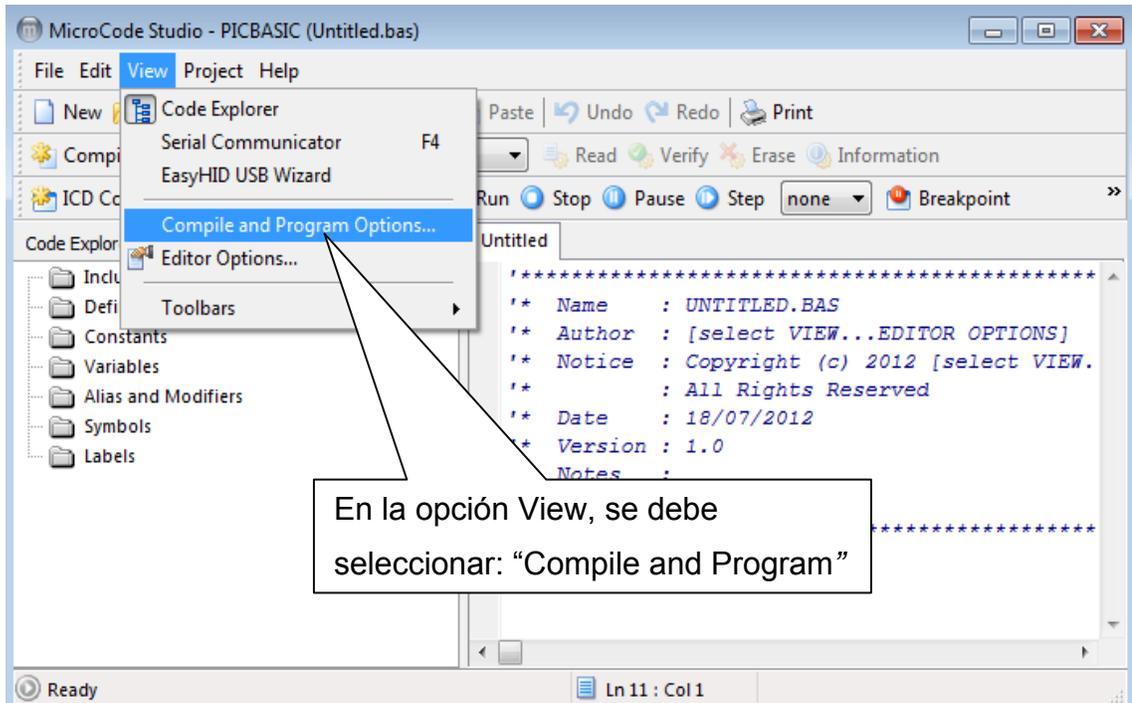
Figura 21. Ventana principal de MicroCode Studio



Fuente: MicroCode Studio (IDE).

- B. Haciendo clic en el menú "View" se debe seleccionar la opción "Compile and Program Options" (vea figura 22).

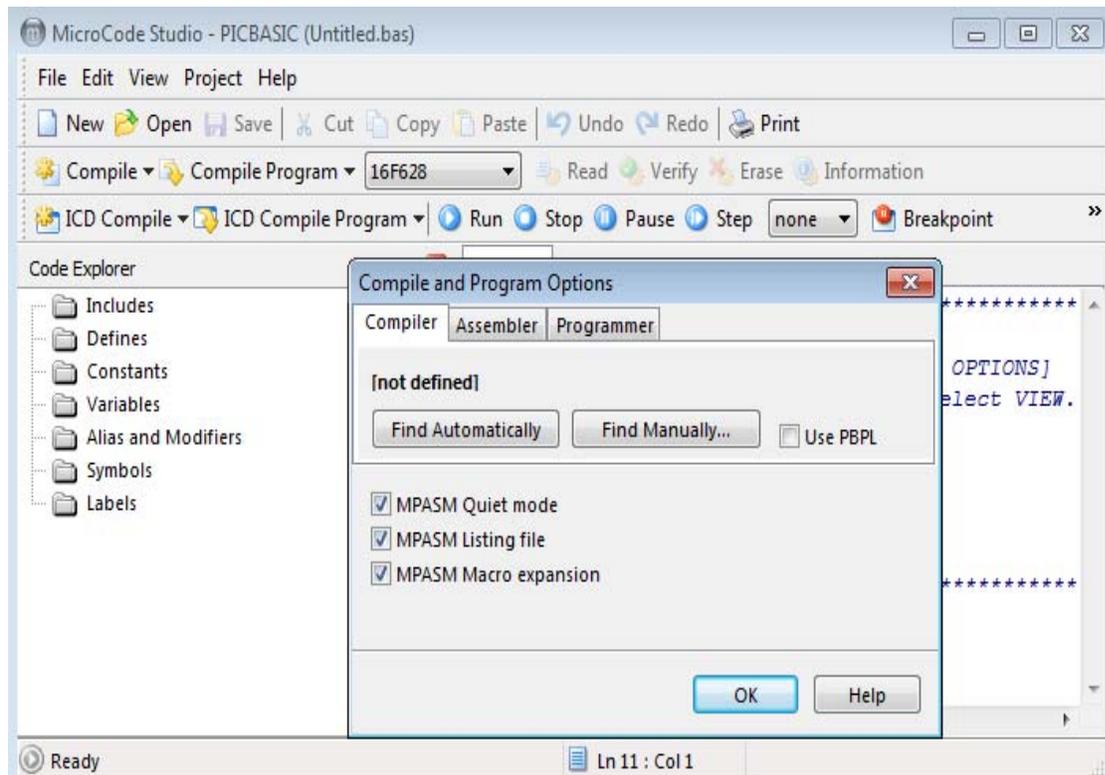
Figura 22. **Seleccionando la herramienta para integrar el compilador**



Fuente: MicroCode Studio (IDE).

- C. Seleccionar la opción "Compiler" de la barra de herramientas y presionar el botón "Find Automatically" para una ubicación automática del compilador, o seleccionar la opción en "Find Manually" para ubicar el compilador manualmente (vea figura 23).

Figura 23. Integrando el compilador al ambiente MicroCode Studio



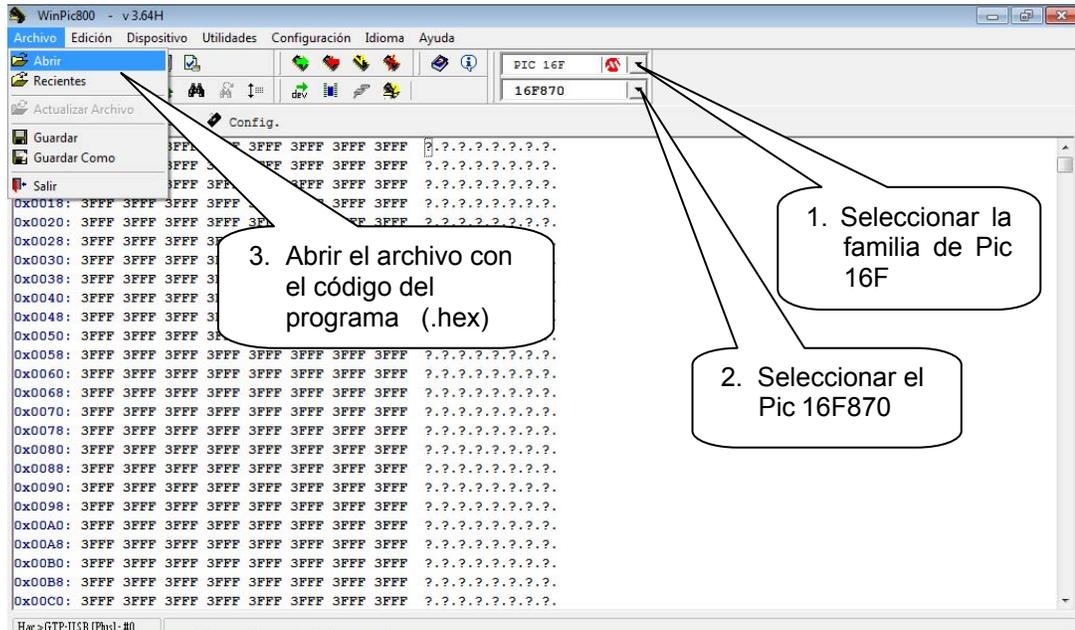
Fuente: MicroCode Studio (IDE).

### 3.6.2. Programador WinPic800

Además de tener un editor de texto y un compilador, es necesario un *software* programador de PIC. Este tipo de *software* es el encargado de escribir en la memoria del microcontrolador el código de programación; generalmente conocido, pero de manera equivocada, como el *software* para “quemar” el PIC.

Una vez instalado el programador, antes de comenzar a grabar cualquier microcontrolador, se deberá seleccionar algunos parámetros. La configuración de estos parámetros se muestra en la figura 24.

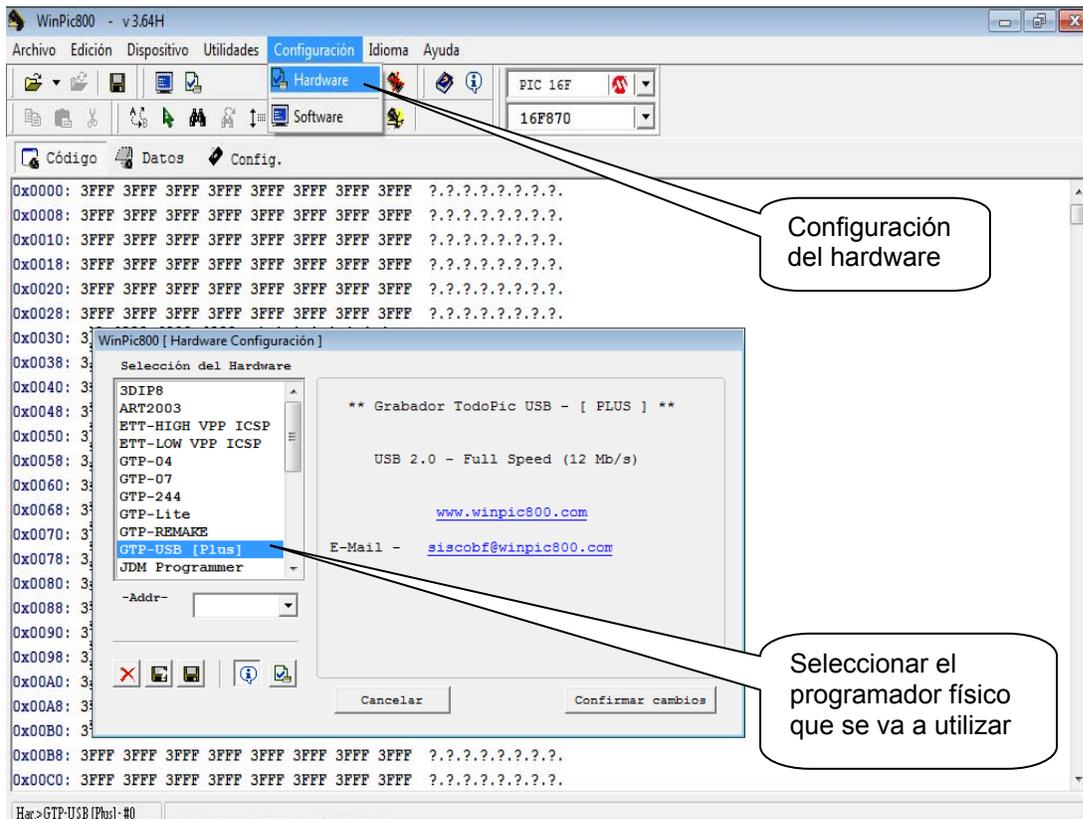
Figura 24. Configurando los parámetros necesarios para la grabación del microcontrolador



Fuente: WinPic800 v3.64H.

El último paso antes de iniciar con la grabación del microcontrolador es la configuración de los parámetros referentes al *hardware* que se va a emplear en la grabación.

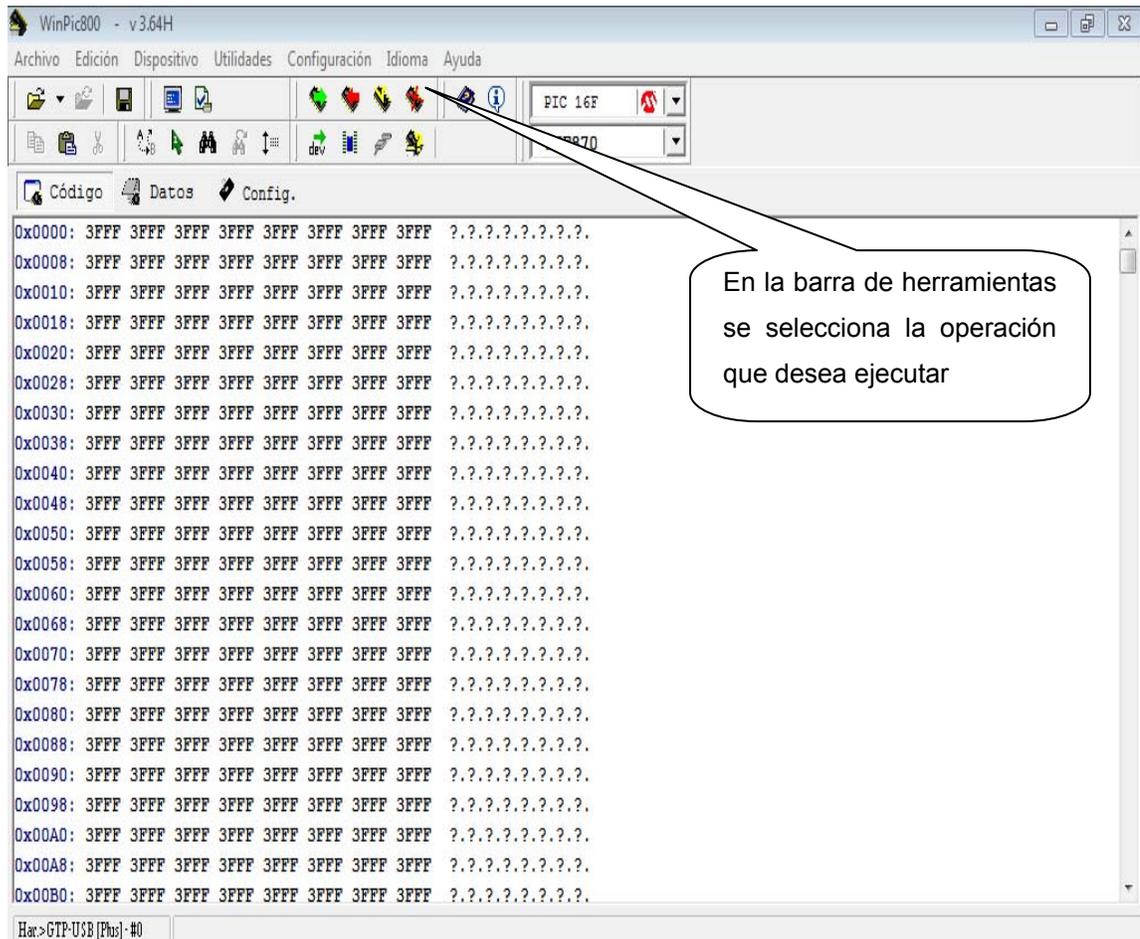
Figura 25. Configurando los parámetros necesarios para el *hardware* que se va a utilizar



Fuente: WinPic800 v3.64H.

Luego de realizar los pasos anteriores se procede a ejecutar, a través de la barra de herramientas, la operación que se desea realizar: leer, programar, verificar, borrar, etc.

Figura 26. Barra de herramientas de WinPic800



Fuente: WinPic800 v3.64H.

### **3.7. Funcionamiento del sistema de climatización ensamblado en el vehículo**

En los siguientes incisos se describe, de manera generalizada, la operación del sistema de automatización climática del habitáculo de un automóvil. Asimismo, se expresan los resultados obtenidos durante su funcionamiento.

#### **3.7.1. Aspectos generales**

Una vez finalizado el diseño, la construcción y la programación del circuito climatizador, se procede a ensamblarlo en el vehículo. Para el ensamblaje del circuito se deberá tomar en cuenta la sustitución de elementos mecánicos por elementos electrónicos automatizados.

Para su funcionamiento, el sistema de automatización climática del habitáculo estará habilitado cuando el automóvil esté encendido o tenga activado el *switch* de arranque. A través del módulo de visualización se desplegará la lectura actual de la temperatura registrada dentro del vehículo y un menú de opciones en el que se determina la modalidad de su funcionamiento.

Este sistema dispone de dos modalidades de funcionamiento: control manual y control automático. La función manual está destinada únicamente a seleccionar que tipo de aire (frío o caliente) se desea activar sin determinar un nivel específico. El modo automático está diseñado para seleccionar el tipo de aire (frío o caliente) y el nivel deseado que deberá mantenerse hasta un nuevo requerimiento del usuario.

Para el control automático, el sistema cuenta con pulsadores, los cuales son utilizados para determinar las siguientes opciones:

- Subir nivel de temperatura
- Bajar nivel de temperatura
- Aceptar nivel de temperatura
- *Reset*

Para la selección automática de aire frío o caliente, existe una pequeña válvula mecánica que ha sido automatizada con un motor y una serie de engranajes para permitir el paso del aire a través de los conductos.

Cuando el sistema de climatización detecte una temperatura inferior a la temperatura requerido por el usuario, se activará la válvula de selección de aire caliente, manteniéndose dentro de un ciclo, hasta obtener la temperatura deseada. Una vez que se haya alcanzado la temperatura deseada, el sistema automáticamente se detendrá, esperando nuevamente un ligero cambio en la temperatura para entrar en acción y repetir su ciclo para regular la temperatura.

De igual manera, si el usuario del sistema desea una temperatura inferior a la temperatura actual, automáticamente se activará el aire frío para disminuir el nivel de temperatura.

Es responsabilidad señalar que, al activar el sistema de aire acondicionado del vehículo, se experimenta pérdida de potencia en el motor por mantener el aire acondicionado activado en todo momento. Esto justifica la implementación del sistema de automatización climática que acciona el aire acondicionado únicamente el tiempo necesario, evitando pérdidas innecesarias en el motor; y al mismo tiempo brindando la comodidad, el confort y la

seguridad preventiva a los usuarios del vehículo, sin necesidad de realizar más acciones que la sencilla programación del climatizador diseñado en este proyecto.

### **3.7.2. Datos obtenidos durante el funcionamiento del sistema**

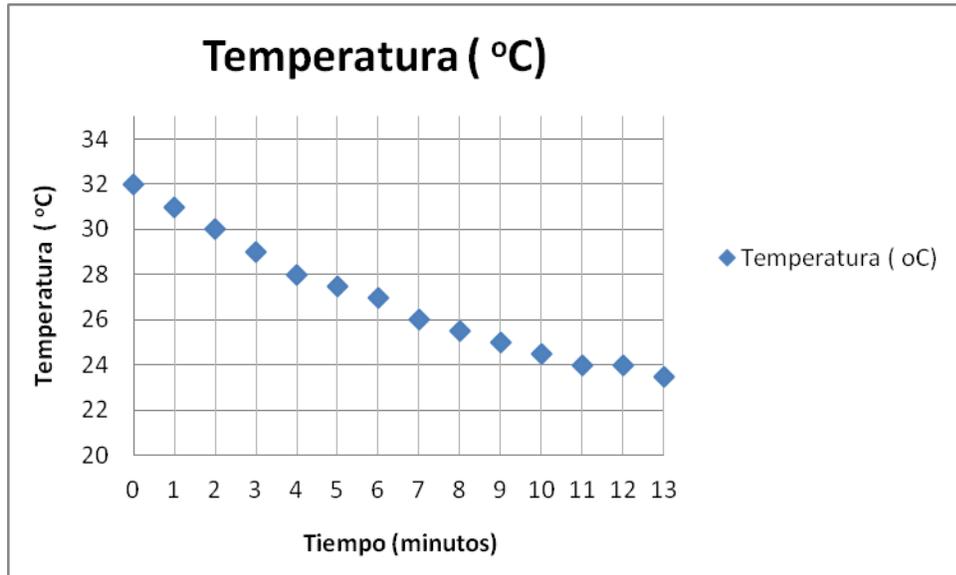
La tabla V muestra los resultados obtenidos durante el funcionamiento del sistema de automatización climática ensamblada en el automóvil.

**Tabla V. Medición del descenso de la temperatura dentro del habitáculo con el sistema de climatización ensamblado en el vehículo**

<b>Tiempo (minutos)</b>	<b>Temperatura ( °c)</b>
0	32
1	31
2	30
3	29
4	28
5	27,5
6	27,0
7	26,0
8	25,5
9	25,0
10	24,5
11	24,0
12	24,0
13	23,5

Fuente: elaboración propia.

Figura 27. **Gráfica del descenso de la temperatura, según los datos de la tabla V**



Fuente: elaboración propia.

La figura 27 muestra cómo la temperatura desciende dentro del vehículo a razón de un grado por minuto aproximadamente. Cuando la temperatura alcanza niveles por debajo de la temperatura ambiente, el descenso se torna un poco más lento.

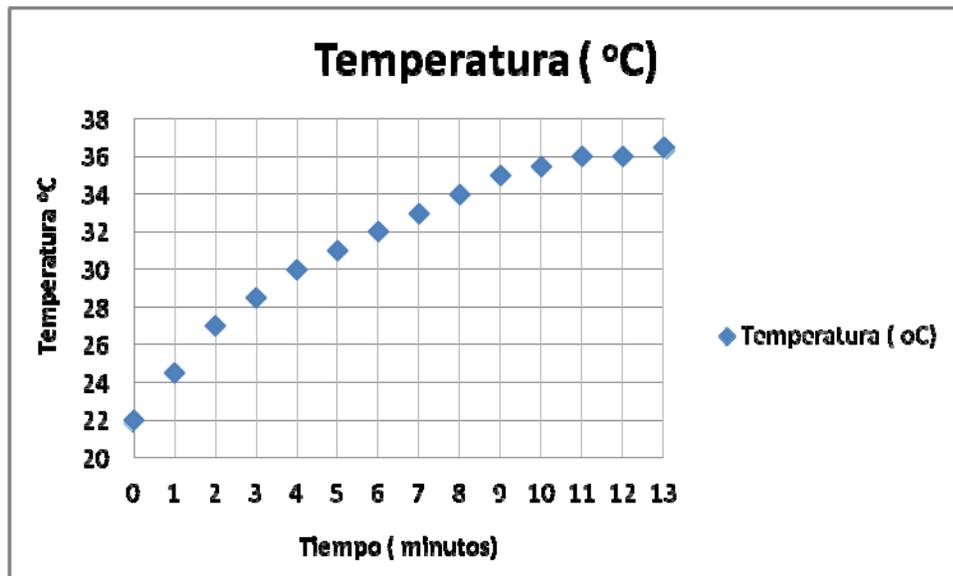
En la tabla VI se representan los datos obtenidos al realizar el cambio de temperatura de frío a caliente.

**Tabla VI. Medición del aumento de la temperatura dentro del habitáculo con el sistema de climatización ensamblado en el vehículo**

<b>Tiempo (minutos)</b>	<b>Temperatura ( °C)</b>
0	22,0
1	24,5
2	27,0
3	28,5
4	30,0
5	31,0
6	32
7	33,0
8	34,0
9	35,0
10	35,5
11	36,0
12	36,0
13	36,5

Fuente: elaboración propia.

Figura 28. **Gráfica del aumento de la temperatura, según los datos de la tabla VI**



Fuente: elaboración propia.

La figura 28 muestra el impacto que se percibe dentro del habitáculo cuando, habiendo una temperatura inferior, se activa el sistema de aire caliente. No obstante, cuando la temperatura llega a un nivel por encima de la temperatura ambiental, el incremento es más lento.



## CONCLUSIONES

1. La elaboración de este proyecto contempla tres fases fundamentales: el diseño, la construcción y la programación del circuito.
2. Durante el desarrollo del proyecto se consigue la fusión entre los dispositivos electrónicos y el software de programación para controlar automáticamente la temperatura dentro del vehículo.
3. El diagrama esquemático del circuito establece las conexiones lógicas de los elementos empleados, que cumplen el objetivo de regular la temperatura dentro del habitáculo de un automóvil.
4. El rango de operación del sistema climatizador está determinado por la capacidad del compresor y por la potencia del motor del automóvil.
5. La aplicación de los conocimientos de ingeniería electrónica al sistema de aire acondicionado de un vehículo provee un rendimiento más adecuado del mismo.



## RECOMENDACIONES

1. Se debe considerar que el diagrama esquemático representa únicamente las conexiones lógicas de los dispositivos electrónicos. Queda a discreción del lector el desarrollo de las conexiones físicas.
2. Al ensamblar el circuito en un vehículo distinto al descrito en este informe podría representar variantes en los resultados obtenidos durante su funcionamiento. Por lo que, es tarea del lector considerar otras variables que están fuera del alcance de este informe.
3. Para obtener mejores resultados durante el funcionamiento del circuito, puede emplearse un compresor alternativo al que tiene instalado el vehículo.



## BIBLIOGRAFÍA

1. BOYLESTAD, Robert; NASHELSKY, Louis. *Electrónica: teoría de circuitos y dispositivos electrónicos*. 8a ed. México: Pearson Educación, 1997. 949 p. ISBN: 968-880-805-9.
2. California Institute of Technology. *Calor y temperatura*. [en línea]. [ref. 8 de septiembre de 2001]. Disponible en Web: <<http://legacy.spitzer.caltech.edu/espanol/edu/index.shtml>>.
3. CARBALLO ESCRIBANO, Rubén. *Desarrollo de una metodología fluídica para el estudio del confort climático en el habitáculo de un vehículo*. Tesis Ing. Elec. España: Universidad de Girona; 2008. 160 p.
4. Confederación Nacional de Autoescuelas. *Una temperatura excesiva en el interior del vehículo afecta al modo de conducción de manera similar al alcohol*. Eroski Consumer. [en línea]. [ref. julio de 2010]. Disponible en Web: <<http://www.consumer.es/web/es/motor/2010/07/27/194633.php>>.
5. Ley de enfriamiento de *Newton: Basic science applied to chemical engineering*. [en línea]. <<http://ciencia-basica-experimental.net/newton.htm>>. [Consulta: julio de 2012].

6. MEDINA, Diego, et al. *El aire acondicionado automotor*. [en línea]. Universidad del Zulia, Venezuela. [ref. mayo de 2000]. Disponible en Web: <<http://www.monografias.com/trabajos5/aaauto/aaauto.shtml>>.
7. Previncis. *El 17% de los accidentes de tráfico pueden ser debidos al calor*. Preventionworld. [en línea]. [ref. julio de 2006]. Disponible en Web: <<http://www.prevention-world.com/es/informacion-tecnica/articulos/17-accidentes-trafico-pueden-ser-debidos-al-calor.html>>.
8. Revista técnica de mecánica automotriz. [en línea]. Instituto tecnológico Centroamericano, Departamento de Ingeniería Automotriz. [Santa tecla, El Salvador]. [ref. noviembre de 2007]. Disponible en Web: <<http://es.scribd.com/doc/39304464/revista-de-automotriz>>.
9. SEDRA, Adel; SMITH, Kenneth. *Circuitos microelectrónicos*. 4a ed. México: Oxford University Press, 1999. 1237 p. ISBN: 970-613-379-8.
10. Texas Instruments. *Datasheetcatalog*. [en línea]. Dallas, Texas. Copyright © 2011. [ref. 18 de agosto de 2012]. Disponible en Web: <<http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/texasinstruments/l293d.pdf>>.
11. ZILL, Dennis G; COFRE Matta, Álvaro. *Ecuaciones diferenciales con aplicaciones*. México: Grupo Editorial Iberoamérica. 2004. 499 p.