

**CAPITULO IV**  
**RESULTADOS DE LA INVESTIGACION**

## **CAPITULO IV**

### **RESULTADOS DE LA INVESTIGACION**

En este capitulo se procedió al desarrollo del sistema de control de temperatura por intercambio de calor en una barrera térmica siguiendo las diversas fases comentadas en el capitulo anterior.

#### **ANALISIS DE LOS RESULTADOS**

##### **1.- DEFINICION DE ESPECIFICACIONES.**

El sistema de control de temperatura a desarrollar en este proyecto de investigación, seria un dispositivo que podría ser adaptado a diversos proyectos e incrementar los conocimientos en el área de automatización. Este dispositivo debe cumplir con una serie de requerimientos mínimos.

El sistema a desarrollar debe ser capaz de manejar diversas señales de entrada como de salida para si poder dar respuesta siguiendo con la guía del programa principal. Por lo tanto se debe utilizar un microcontrolador con suficientes puertos y también con suficiente memoria para albergar el programa.

Debido a que no todos los ambientes donde podría trabajar el equipo electrónico son iguales, es necesario dotar al equipo con un medio de ajuste manual para así variar la temperatura e intensidad de luz de activación acorde al lugar donde se encuentre instalado.

De acuerdo a los pasados requerimientos es necesario que el sistema de control cumpla con los siguientes requerimientos:

- El sistema debe poseer dos tipos de entradas como lo son: entradas analógicas y entradas digitales, así como también, un tipo de salida digital.
- El sistema debe ser capaz de interpretar señales analógicas convirtiéndolas en digitales.
- El microcontrolador a utilizar debe poseer suficiente capacidad de memoria para la programación.
- El sistema deberá ser capaz de controlar dos motores de paso de acuerdo a las variables monitoreadas.
- El sistema también deberá activar dos motores o Fanes DC los cuales.
- El sistema de control debe estar dotado de algún medio físico para variar las variables en monitoreo como potenciómetros o un panel digital.
- Debe trabajar con valores una fuente externa el cual proveerá de valores de voltajes de 5V y 12V.

- Deberá ser de fácil construcción y montaje.
- También deberá poseer algún medio de visualización para poder determinar en que nivel de monitoreo se encuentran las variables
- Por otra parte el sistema de control deberá estar dotado de un interruptor para así poder utilizar controles manuales.

## **2.- ESQUEMA GENERAL DEL HARDWARE.**

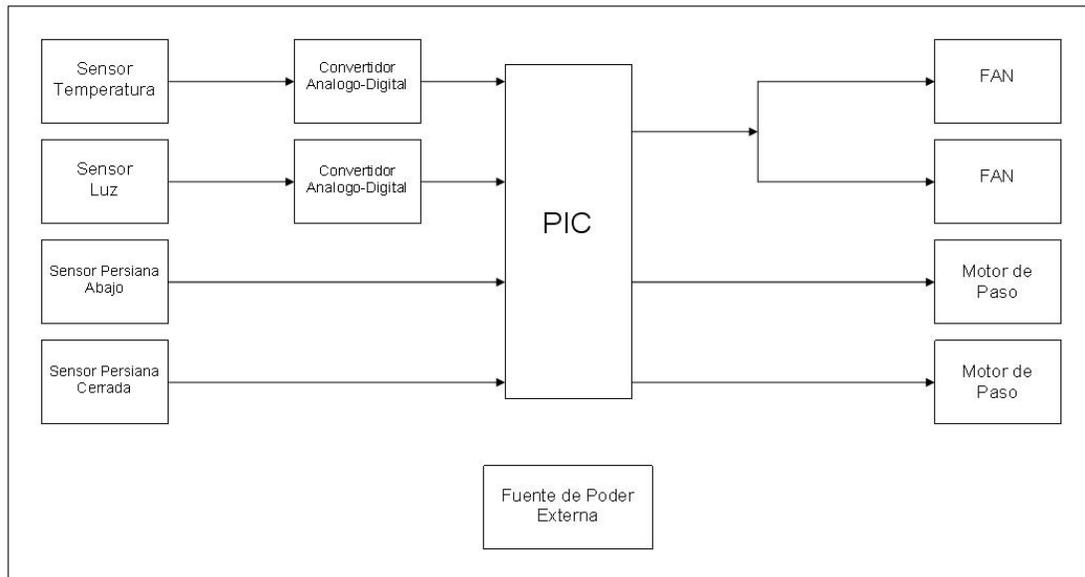
El eje principal del sistema esta constituido por el microcontrolador (PIC) ya que este es el modulo principal del mismo. Alrededor de este existen diversos dispositivos que sirven de apoyo entre los cuales se tienen:

- Fuente de poder externa: Es la encargada de suministrar el voltaje necesario para su funcionamiento.
- Sensores: Son los dispositivos encargados de monitorear las variables deseadas y entre ellos tenemos: Sensores de temperatura, Foto sensores y otros.
- Sensor de temperatura: es el encargado de transformar las variaciones de temperatura en valores de voltaje los cuales pueden ser interpretados por el PIC.

- Foto sensor: es un dispositivo electrónico que transforma la energía luminosa en energía eléctrica y es el encargado de indicar al PIC la intensidad de luz monitoreada.
- Sensores Estado de persiana: son unos sensores ubicados a ambos extremos de la persiana los cuales le indicaran al PIC la posición de la misma (abierta o cerrada).
- FAN: son ventiladores DC los cuales se activan dependiendo de la señal enviada por el PIC.
- Motores de Paso: son unos motores encargados de abrir o cerrar la persiana.
- A/D: Es un convertidor analógico a digital que como su nombre lo indica recibe una señal de entrada en forma analógica y lo convierte en su valor correspondiente digital, para poder ser utilizado por el microcontrolador.
- PIC: Es la unidad central de procesamiento, es el dispositivo electrónico encargado de tomar las decisiones dependiendo de su programación, dependiendo de las señales de entrada este dispositivo electrónico enviara unas señales de salida a los puertos configurados.

Dependiendo del microcontrolador utilizado en el montaje se puede omitir o no el convertidor análogo-digital debido a que existen varios tipos de microcontroladores con dicha función incorporada.

En la figura 6 se muestra el diagrama de bloques general del sistema.



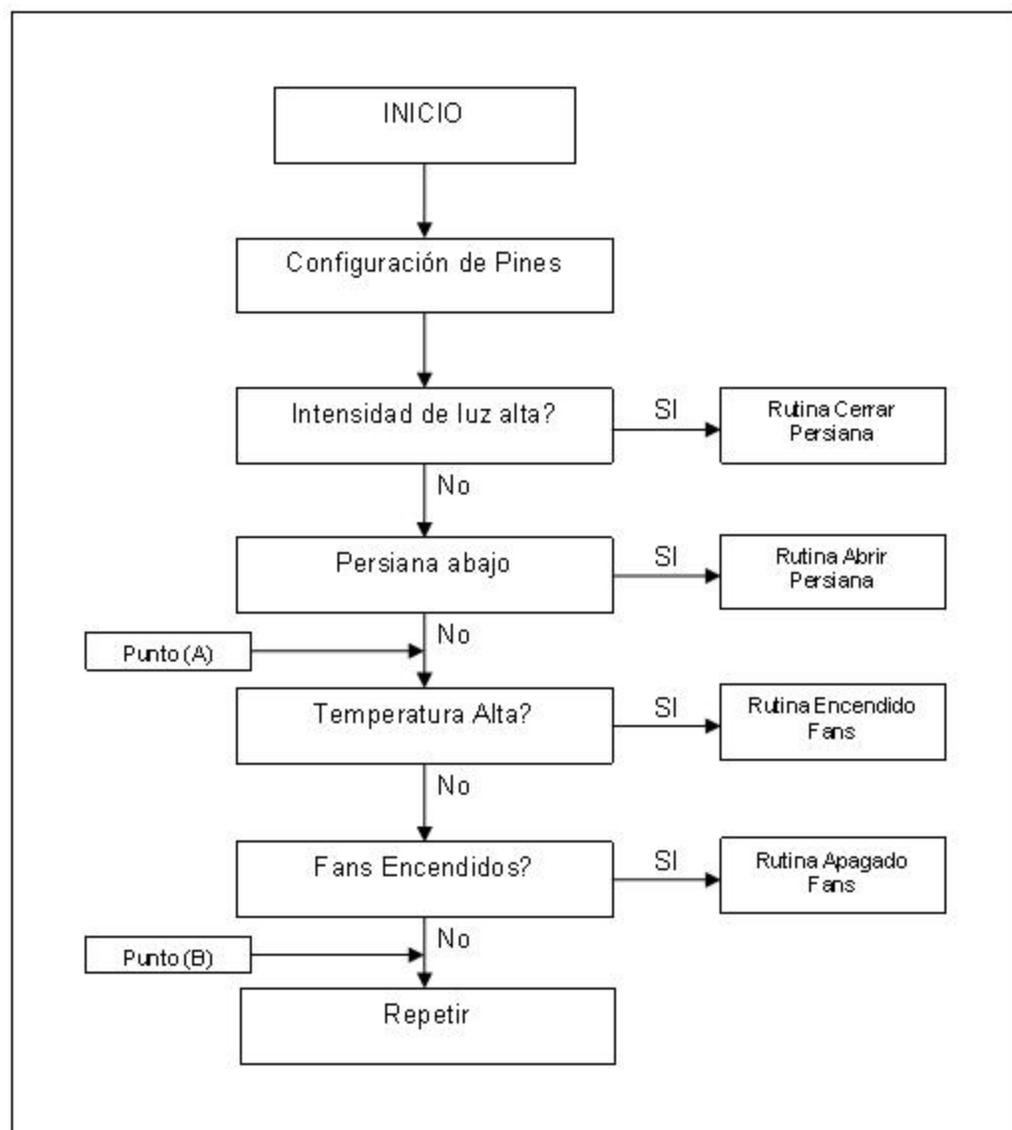
**Figura 6. Diagrama de Bloques Funcionales**

Fuente: Rodríguez. (2004)

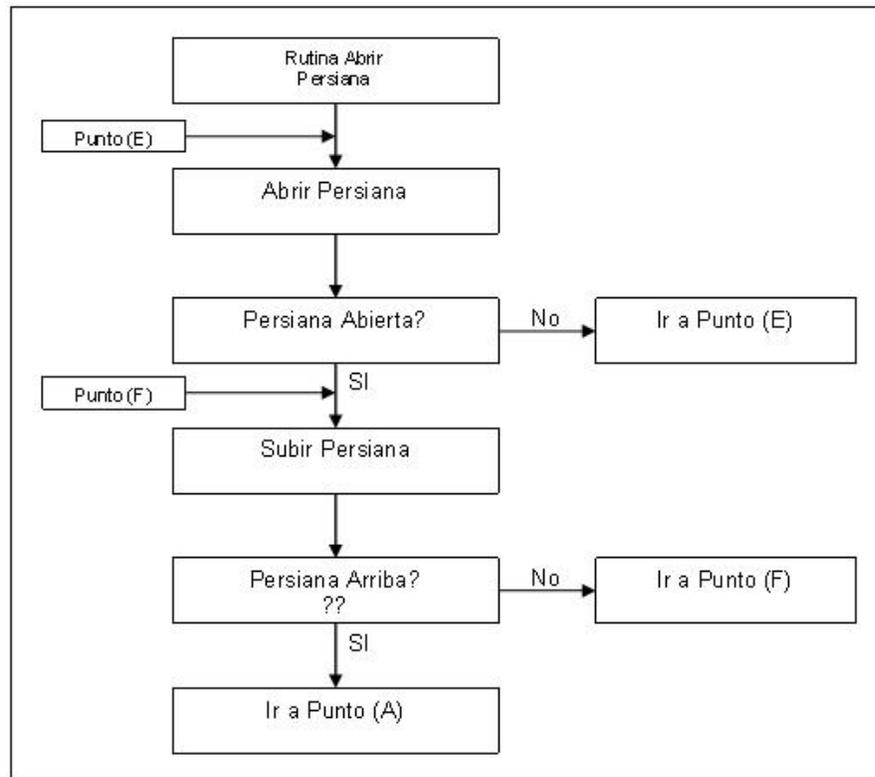
### 3.- ORGANIGRAMA GENERAL.

En el diagrama de flujo en las siguientes (figura 7, 8, 9, 10 y 11), se esquematiza todos los procesos que va a ejecutar el software, se puede observar que esta compuesto por un diagrama principal que se encarga de accionar diversas subrutinas dependiendo de los valores de las variables de entrada.

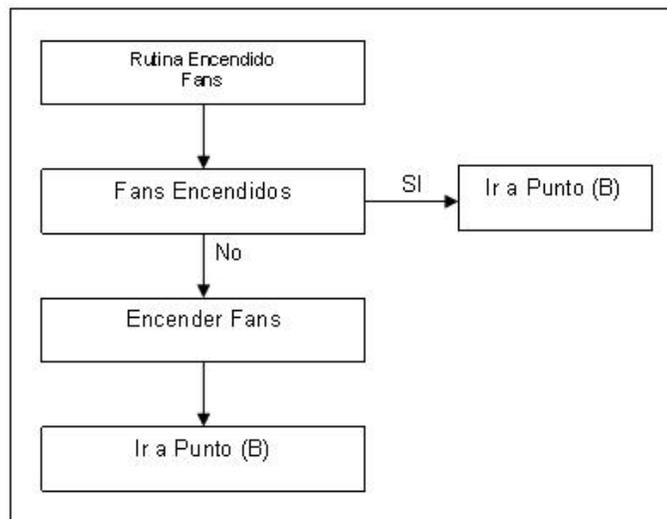
Las demás diagramas son las diversas subrutinas que son dependientes del diagrama principal. Por ejemplo si se activa la rutina “Abrir persiana”, el diagrama que se ejecutara es el correspondiente a la subrutina en la figura 8 el cual se va a encargar de realiza todas las acciones necesarias para abrir la persiana.



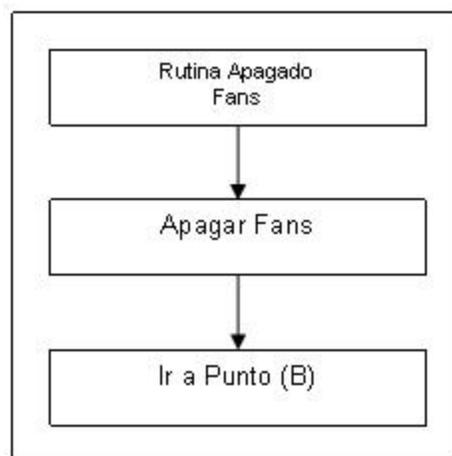
**Figura 8. Diagrama de flujo Programa Principal**  
Fuente: Rodríguez. (2004)



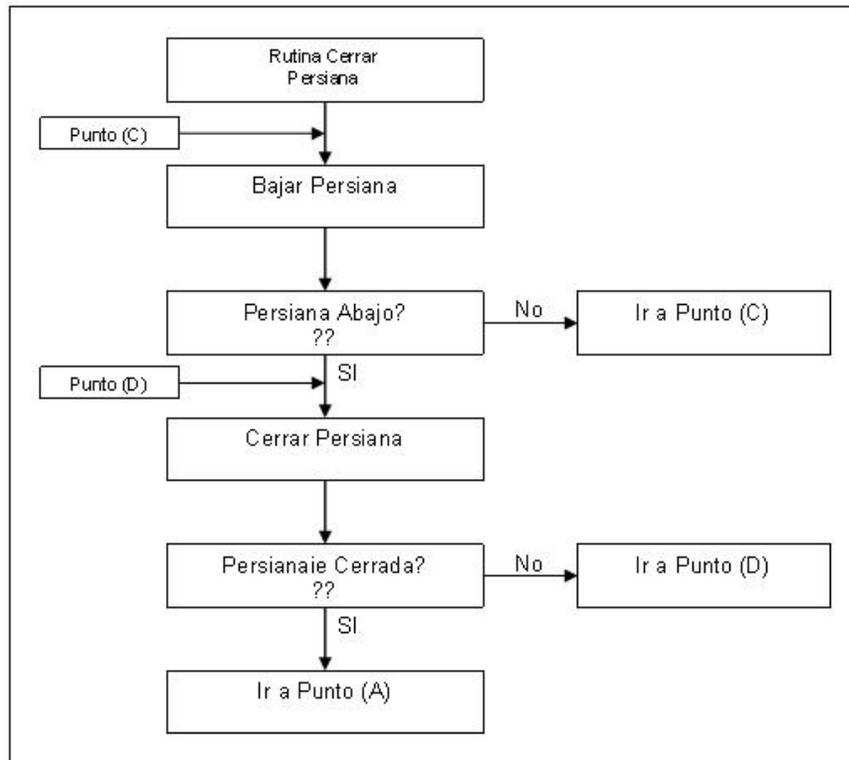
**Figura 9. Subrutina Abrir Persiana**  
Fuente: Rodríguez. (2004)



**Figura 10. Subrutina Encendido Fans**  
Fuente: Rodríguez. (2004)



**Figura 11. Subrutina Apagado Fans**  
Fuente: Rodríguez. (2004)



**Figura 12. Subrutina Cerrar Persiana**

Fuente: Rodríguez. (2004)

#### 4.- ADAPTACION ENTRE SOFTWARE Y HARDWARE.

Una vez que se ha mostrado en la fase 2 el esquema general a utilizar a través de un diagrama de bloques funcionales y se ha formado el diagrama de flujo que gobierna los diversos procesos, se describe a continuación la manera de cómo se van a interrelacionar ambas partes para consolidar el sistema. El hardware esta constituido por un microcontrolador como parte

central y un conjunto de dispositivos periféricos que permite la capacidad de comunicarse con el ambiente exterior.

El primer punto a tratar es la adaptación del software compilado que debe ingresar al microcontrolador procedente del computador. Una vez que mediante el software en la PC se han escrito la serie de líneas de código y se ha procedido a la compilación, este software o código fuente que debe ingresar al microcontrolador se logra introduciéndolo a través de la interfaz de comunicación PIC START. La segunda adaptación corresponde al modo mediante el cual la información procedente de los dispositivos exteriores puede ingresar al microcontrolador y puede el software hacer uso de ellos, para esto se han configurado los puertos como puertos de entrada y puertos de salida, que permiten tomar la información del exterior y puede ser procesada por el microcontrolador para poder establecer una acción según el programa.

## **5.- ORDINOGRAMA MODULARES Y CODIFICACION DEL PROGRAMA.**

En esta fase se presenta la codificación del programa para esto se utilizó el lenguaje de programación ASSEMBLER, el cual permitió manejar las diversas subrutinas del programa y configurar los diversos puertos como de entrada y de salida.

La programación del software debió seguir parte por parte el diagrama de flujo para el funcionamiento básico, a su vez que fue necesario la implementación de un contador ascendente para el control mas preciso de los motores de paso, este contador es necesario para así disminuir los costos de fabricación debido a que solo seria necesario la utilización de un sensor. Debido a que el motor de paso será desactivado por un sensor que detectara si esta completamente desplegada la persiana, el papel del contador es importante ya que este realizara el conteo hasta el momento de activación del sensor y cuando sea necesario recoger la persiana el motor de paso funcionara disminuyendo el contador hasta el valor original.

En la fase de programación se implemento la conversión Análoga-Digital que posee el microcontrolador a utilizar (16F873) ya que permitió una disminución de los componentes a ensamblar y una mayor integración del sistema.

## **6.- IMPLEMENTACION DEL HARDWARE.**

A continuación se procede a materializar el diagrama de bloques funcionales a un circuito electrónico con diversos componentes seleccionados de acuerdo a sus especificaciones y las necesidades del sistema de control, El diagrama de pines utilizado se encuentra en el anexo No.3.

Para el microcontrolador se utilizo el PIC 16F873 el cual posee 4Kbytes de memoria para programa, así como también suficiente puertos para todos los componentes del sistema, se utilizo un cristal de 4MHz para proveer la señal de reloj. Para mayor conocimiento de este componente se puede revisar la hoja del fabricante en el anexo No. 1

Se utilizo como sensor de temperatura el chip LM335 el cual es un sensor de temperatura preciso y opera a un rango de  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ , fue escogido este componente debido a su bajo costo y su fácil calibración, se conecto un potenciómetro a este dispositivo para variar la temperatura de disparo para así poder modificar la temperatura deseada sin necesidad de alterar el programa del microcontrolador. Para mayor información de este componente se puede revisar la hoja del fabricante en el anexo No 2.

Para la medición de intensidad de luz se utilizo una foto celda conectada a un comparador, el cual mediante el potenciómetro se varia la intensidad de luz deseada, cuando la foto celda genere mayor voltaje que el seleccionado en el potenciómetro el comparador envía un voltaje al microcontrolador indicando que la intensidad de luz es alta.

El microcontrolador controla dos fans (electro ventiladores) enviando una señal por uno de los puertos a un transistor que permite la conducción de electricidad al recibir un “uno” lógico.

El sistema también controla dos motores de paso enviando una secuencia en números binarios de cuatro caracteres los cuales generaran los movimientos de giro para abrir, cerrar, desplegar o recoger la persiana. Para

esto se conectaron 8 puertos del microcontrolador a 8 transistores en los cuales se conectaron los motores.

## **7.- DEPURACION DEL SOFTWARE.**

En esta fase se procedió a correr paso a paso el programa para detectar posibles errores y así corregirlos, de esto se trata la depuración del software.

Se realizaron una serie de pruebas al programa sometiendo a los diversos sensores a diversos estados para comprobar su correcto funcionamiento y determinar si la respuesta dada por el programa es la correcta. Se ensablo el sistema de control con solamente los módulos de medición ya que las salidas de microcontrolador podían ser monitoreadas con unos leds.

Se detecto unos pequeños problemas al momento de la medición de temperatura debido a la temperatura ambiental del laboratorio donde se corrieron las pruebas, pero se solvento el problema sin necesidad de modificar el software original con solamente modificar la temperatura monitoreada a través de un potenciómetro.

También se pudo percatar un problema en un contador dentro del software el cual no detenía en el momento adecuado al motor de paso encargado de cerrar la persiana, pero esta falla fue resuelta de forma inmediata.

## **8.- INTEGRACION DEL HARDWARE Y DEL SOFTWARE.**

En esta fase se procedió a acoplar todos los diversos componentes del sistema de control, y comprobar su correcto funcionamiento. Se monto el prototipo de sistema de control en un protoboard siguiendo los diagramas de pines posteriormente comentados. También se decidió crear un modelo de la persiana y las dos barreras térmicas debido a la problemática que era trabajar con el sistema de control fuera del laboratorio. Se utilizó un modelo elaborado en madera y una persiana de tamaño pequeño. Debido a que se elaboro un modelo a escala y el ambiente del laboratorio es de baja temperatura, se tuvo q modificar las variables de medición de temperatura por medio de un potenciómetro.

Se utilizó unas fuentes DC de 5v y 12v para suministrar la energía necesaria al sistema de control y los motores, debido a que se monto el prototipo en un protoboard existió la posibilidad de reemplazar cualquier componente defectuoso de forma rápida y eficiente.

## DISCUSION DE LOS RESULTADOS

A continuación se presentan el análisis de los resultados obtenidos de las pruebas realizadas con el prototipo:

Se detecto una disminución de la temperatura ambiental en el área monitoreada debido a que la barrera térmica trabajo de una manera adecuada aunque en el área donde se realizaron las pruebas era de temperatura baja.

El sistema automático funcionó de una manera satisfactoria al momento de realizar las pruebas de los periféricos de entrada (los sensores), a su vez que el sistema de motores de paso realizó el trabajo esperado.

En cuanto a los pulsadores instalados para un control manual, estos permitieron desactivar el modo automático del sistema para así permitir al usuario ajustar a su gusto la intensidad de luz que penetra al recinto. También fue de bastante utilidad los potenciómetros instalados en ambos sensores debido a que no fue necesario modificar el programa al momento de realizar las pruebas con temperaturas diferentes a las estimadas.

Al llegar al punto donde el sistema funciono de forma esperada con pequeños problemas debido a la temperatura ambiental del laboratorio se pudo concluir que la metodología expuesta por Angulo José, J. (1992) se llevo a cabo de forma satisfactoria a pesar que se realizaron las pruebas en un modelo a escala dentro de un área donde la temperatura era extremadamente baja.