

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

**ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS**

**CONTROL INTELIGENTE DE TEMPERATURA DE UN  
DEPARTAMENTO PROTOTIPO POR VENTILACIÓN NATURAL.**

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

**ALVEAR PEÑA PAULO JEFERSON**  
[paulojefalvearp@yahoo.com](mailto:paulojefalvearp@yahoo.com)

**DIRECTOR: ING. ALCÍVAR COSTALES**  
[eduardo.costales@epn.edu.ec](mailto:eduardo.costales@epn.edu.ec)

**Quito, Diciembre 2009**

## **DECLARACIÓN**

Yo, Paulo Jeferson Alvear Peña, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

---

**Paulo Jeferson Alvear Peña**

## **CERTIFICACIÓN**

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Paulo Jeferson Alvear Peña, bajo mi supervisión.

---

**Ing. Alcivar Costales**

**DIRECTOR DE PROYECTO**

## **DEDICATORIA**

Dedico este proyecto, en primer lugar a Dios el cual me ha dado las fuerzas y la sabiduría necesarias, para poder llegar a culminar el presente proyecto con éxitos; a mis padres que siempre han sido un pilar muy fuerte, el cual me ha sostenido en todo el transcurso de mi vida, a mi hijo que ha sido el motivo de todo mi esfuerzo y a los ingenieros de la Escuela Politécnica Nacional, los cuales me impartieron los mejores conocimientos en toda mi vida estudiantil.

|                   |    |
|-------------------|----|
| PRESENTACIÓN..... | V  |
| RESUMEN .....     | VI |

## CONTENIDO

### Capítulo 1

|            |  |    |
|------------|--|----|
| 1          | Introducción teórica .....                           | 1  |
| 1.1        | Fundamentación teórica .....                         | 1  |
| 1.1.1      | Microprocesador.....                                 | 1  |
| 1.1.2      | Reloj DS1307 .....                                   | 2  |
| 1.1.3      | Sensor .....   | 3  |
| 1.1.4      | Sensor PIR .....                                     | 3  |
| 1.1.5      | Motor paso a paso .....                              | 4  |
| 1.1.6      | LM35 .....   | 5  |
| 1.1.7      | LM335 .....  | 5  |
| 1.1.8      | LCD .....  | 6  |
| 1.1.9      | Transistores .....                                   | 7  |
| 1.1.10     | Transistores Darlington .....                        | 7  |
| 1.1.10.1   | Características .....                                | 7  |
| 1.1.11     | LM358 .....  | 8  |
| 1.1.11.1   | Características .....                                | 9  |
| 1.1.12     | Fines de carrera.....                                | 10 |
| 1.1.13     | Funcionamiento de los motores paso a paso .....      | 10 |
| 1.1.13.1   | Tipos de motores de paso según su construcción ..... | 13 |
| 1.1.13.2   | Tipos de bobinados.....                              | 15 |
| 1.1.13.2.1 | Motores de reluctancia variable .....                | 15 |
| 1.1.13.2.2 | Unipolares .....                                     | 16 |
| 1.1.13.2.3 | Bipolares .....                                      | 17 |
| 1.1.13.2.4 | Motores bifilares.....                               | 18 |
| 1.1.13.2.5 | Motores multifase.....                               | 19 |
| 1.1.14     | Ventilación .....                                    | 19 |
| 1.1.15     | El viento .....                                      | 20 |
| 1.1.15.1   | Vientos generales.....                               | 20 |

|  |    |
|--|----|
| 1.1.15.2 Vientos convectivos.....  | 21 |
| 1.1.15.3 Antecedentes en la utilización del viento.....                                    | 21 |
| 1.1.16 Tipos de ventilación .....  | 23 |
| 1.1.16.1 Ventilación forzada.....  | 23 |
| 1.1.16.2 Ventilación natural .....   | 23 |
| 1.1.16.2.1 Confort .....   | 23 |
| 1.1.16.3 Ventilación selectiva .....   | 24 |
| 1.1.16.4 Infiltración .....  | 25 |
| 1.1.17 Ventilación natural para el confort térmico en verano.....                          | 25 |
| 1.1.17.1 El entorno del bienestar termofísico .....  | 27 |
| 1.1.17.2 Los intercambios térmicos entre el ser humano y el ambiente que<br>los rodea..... | 29 |
| 1.1.17.3 Los intercambios térmicos entre el edificio y el ambiente que lo<br>rodea.....    | 30 |
| 1.1.17.4 El uso de la ventilación natural para el confort térmico en verano .              | 31 |
| 1.1.17.5 Ventilación directa sobre las personas .....                                      | 32 |
| 1.1.17.6 Aire seco y aire húmedo .....   | 34 |
| 1.1.17.7 Propiedades del aire húmedo – Carta psicrométrica .....                           | 36 |
| 1.2 Variables físicas que pueden ser controladas .....                                     | 36 |
| 1.2.1 Control de temperatura .....   | 36 |
| 1.2.1.1 Control Si-No .....  | 36 |
| 1.2.1.2 Proporcional en el tiempo .....  | 37 |
| 1.2.1.3 Ajustes de los sistemas de control.....  | 38 |
| 1.2.1.3.1 Controles Si-No .....  | 38 |
| 1.2.1.4 Autoajuste.....  | 39 |
| 1.2.1.5 Sensores de temperatura .....  | 39 |
| 1.2.2 Control de presencia.....  | 41 |
| 1.2.2.1 Radiación infrarroja.....  | 41 |
| 1.2.2.2 Sensor piroeléctrico .....   | 41 |
| 1.2.2.2.1 Lente De Fresnel .....   | 43 |
| 1.2.2.3 Sensores de Presencia .....  | 44 |
| 1.2.2.3.1 Sensor Infrarrojo Reflexivo IS471F.....  | 44 |
| 1.2.2.3.2 Reflexivo CNY70.....   | 45 |

|  |    |
|--|----|
| 1.2.2.3.3 Reflexivo GP2Dxx.....                        | 47 |
| 1.2.3 Control de proximidad .....                      | 51 |
| 1.2.3.1 Sensores de proximidad inductivos .....        | 51 |
| 1.2.3.2 Sensores de proximidad capacitivos .....       | 53 |
| 1.2.3.3 Sensores de proximidad ultrasónicos.....       | 54 |
| 1.2.3.3.1 Margen de detección y haz efectivo .....     | 55 |
| 1.2.3.3.2 Distancia de detección mínima .....          | 55 |
| 1.2.3.3.3 Distancia de detección máxima .....          | 56 |
| 1.2.3.3.4 Haz efectivo .....                           | 56 |
| <b>CAPITULO II</b>                                     |    |
| 2 Análisis y diseño.....                               | 57 |
| 2.1 Análisis del ambiente a controlar.....             | 57 |
| 2.1.1 Temperatura confort en un departamento .....     | 57 |
| 2.1.1.1 Criterio de confort .....                      | 58 |
| 2.1.1.2 Temperatura del suelo .....                    | 59 |
| 2.1.2 Sensor de presencia utilizado .....              | 62 |
| 2.1.2.1 Sensor Infrarrojo de Movimiento LX16C .....    | 62 |
| 2.1.3 Sensor de temperatura utilizado .....            | 63 |
| 2.1.3.1 Sensor de temperatura LM 35 .....              | 63 |
| 2.1.3.1.1 Descripción.....                             | 63 |
| 2.1.3.1.2 Usos .....                                   | 64 |
| 2.2 Posicionamiento de sensores .....                  | 64 |
| 2.2.1 Posicionamiento del sensor de temperatura .....  | 64 |
| 2.2.2 Posicionamiento del sensor de presencia .....    | 65 |
| 2.3 Acondicionamiento de sensores.....                 | 67 |
| 2.3.1 Acondicionamiento del sensor de temperatura..... | 67 |
| 2.3.2 Acondicionamiento del sensor de presencia.....   | 67 |
| 2.4 Diseño de actuadores .....                         | 69 |
| 2.4.1 Actuador para el motor paso a paso.....          | 69 |
| 2.4.1.1 Motor utilizado .....                          | 69 |
| 2.4.1.1.1 Motores paso a paso Unipolares .....         | 70 |
| 2.4.1.2 Actuador.....                                  | 73 |
| 2.4.2 Actuador para el ventilador .....                | 75 |

|  |    |
|--|----|
| 2.4.3 Actuador para el calefactor .....    | 77 |
| 2.5 Programación del microprocesador ..... | 79 |
| 2.5.1 PIC16F877A.....                      | 79 |
| 2.5.2 Breve explicación del programa ..... | 81 |
| 2.5.2.1 Administración de pines.....       | 84 |
| 2.5.3 Diagrama de flujo.....               | 85 |

### **CAPITULO III**

|   |     |
|---|-----|
| 3 Pistas y placas de circuitos .....                                  | 89  |
| 3.1 Diseño de pistas .....  | 89  |
| 3.1.1 Pistas .....  | 90  |
| 3.2 Construcción de placas .....                                      | 91  |
| 3.2.1 Placas .....  | 93  |
| 3.3 Pruebas y resultados .....  | 97  |
| 3.3.1 Pruebas mecánicas realizadas y resultados obtenidos.....        | 98  |
| 3.3.2 Prueba de sensado de presencia y resultados obtenidos.....      | 99  |
| 3.3.3 Pruebas de programación realizadas y resultados obtenidos ..... | 99  |
| CONCLUSIONES .....  | 101 |
| RECOMENDACIONES .....   | 103 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....                                      | 104 |
| ANEXOS .....  | 107 |



## PRESENTACIÓN

El ser humano desde sus inicios, en la historia de evolución, ha buscado protegerse de las inclemencias de la naturaleza como son: lluvia, calor, frío y el mal temporal; la búsqueda de resguardo de todas estas inclemencias, le llevaron en su camino de evolución intelectual a idear formas, de cómo protegerse; al principio de su evolución, las cuevas fueron su mejor acierto, en su etapa de buscar un lugar en cual pueda salvaguardarse, de todo el ambiente hostil exterior.

Con el paso del tiempo y con su mayor evolución intelectual el ser humano, ya no solamente buscaba, un lugar que le brinde un cierto grado de protección, sino también, le brinde un cierto grado de comodidad; ya no solo se preocupaba de donde ocultarse de una tormenta, sino también, que ese mismo lugar tenga las comodidades de un hogar.

En su incansable búsqueda de la comodidad en su vivienda, cada vez se fueron creando más y mejores formas de brindar mayor resguardo y comodidad, siendo los avances tecnológicos, los cuales son los detonantes, para que desde lo más impensable hasta lo más simple pueda ser satisfecho en el ámbito de la comodidad o confort.

El confort térmico, ya no solamente busca el mantener un ambiente agradable para el usuario, el cual está centrado en controlar un nivel de temperatura adecuada y continua, sino también el precautelar y cuidar de su estado anímico, es decir, su salud, para lograr esto se han realizado un sin número de investigaciones y experimentos, los cuales arrojaron varias respuestas de cómo obtener este confort, contenidas en normas, llamadas normas ASHRAE 55.

Siendo el objetivo de este proyecto, no solamente buscar el confort térmico de una vivienda, sino también buscar minimizar los costos, en la obtención del confort térmico, es decir, buscar un ahorro de la energía utilizada en los sistemas modernos de acondicionamiento del ambiente interior de un hogar, utilizando el mismo medio ambiente exterior a nuestro favor, es decir el movimiento del aire exterior, con técnicas nuevas de control automático de viviendas (Domótica).

## RESUMEN

El presente proyecto de titulación, se relaciona con la construcción de una maqueta didáctica de un departamento, en la cual se simula el control de la temperatura del interior de un departamento, abriendo y cerrando una ventana de celosías, mediante el uso de un motor paso a paso y sensores, tanto de presencia como de temperatura, todos estos controlados por un PIC, con el objetivo de realizar una ventilación natural para obtener un confort térmico, con la circulación del aire desde el exterior de una vivienda hacia el interior de la misma solo cuando existe presencia de personas, teniendo como respaldo un ventilador y un calefactor cuando la temperatura, no baja ni sube respectivamente, con la ventana abierta o cerrada en un cierto tiempo establecido por programación.

En el Capítulo 1 se da una introducción al conocimiento de conceptos breves de la mayoría de elementos electrónicos utilizados en este proyecto, se hace énfasis en la investigación de cómo obtener un confort térmico, que parámetros interceden en el mismo, como son: el viento y los estándares de temperatura con los cuales se logrará obtener una sensación de confort térmico, también se da a conocer la teoría de elementos importantes en dicho proyecto.

En el Capítulo 2 se detalla la teoría de elementos más relevantes utilizados, se da a conocer el conocimiento del ambiente a controlar, se explica el diseño tanto de actuadores como de sensores, el acondicionamiento de los mismos, montaje de las partes mecánicas y una breve explicación del programa realizado para este proyecto, administración de pines y su respectivo diagrama de flujo.

En el Capítulo 3 se presentan todas las pistas, placas y circuitos de todo lo concerniente al diseño electrónico del proyecto, fotografías del departamento prototipo utilizado (maqueta) en el cual se demuestra el cumplimiento de dicho proyecto, las pruebas y resultados obtenidos en la experimentación, mostrando datos tomados empíricamente mientras se realizaba la construcción del presente trabajo.

## CAPITULO 1

### 1 INTRODUCCIÓN TEÓRICA

#### 1.1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

##### 1.1.1 MICROPROCESADOR



Fig. 1.1 Microcontrolador PIC

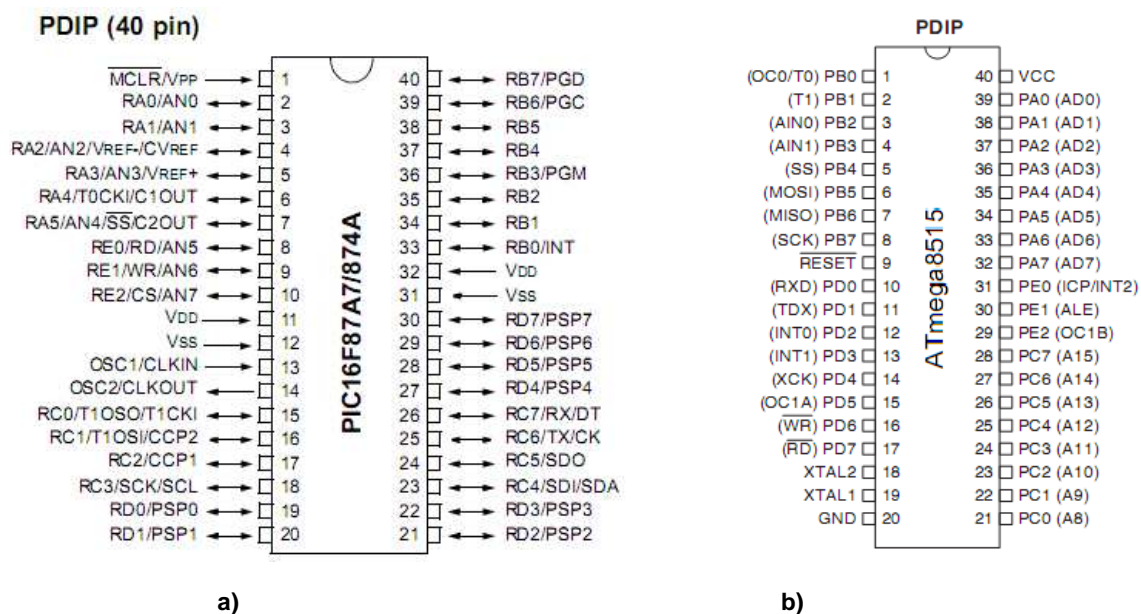


Fig. 1.2 Distribución de pines de microcontroladores: a) microcontrolador PIC b) microcontrolador Atmega.

El microprocesador, o simplemente el *micro*, es el cerebro del ordenador. Es un *chip*, un tipo de componente electrónico en cuyo interior existen miles (o millones) de elementos llamados transistores, cuya combinación permite realizar el trabajo que tenga encomendado el chip.

### 1.1.2 RELOJ DS1307

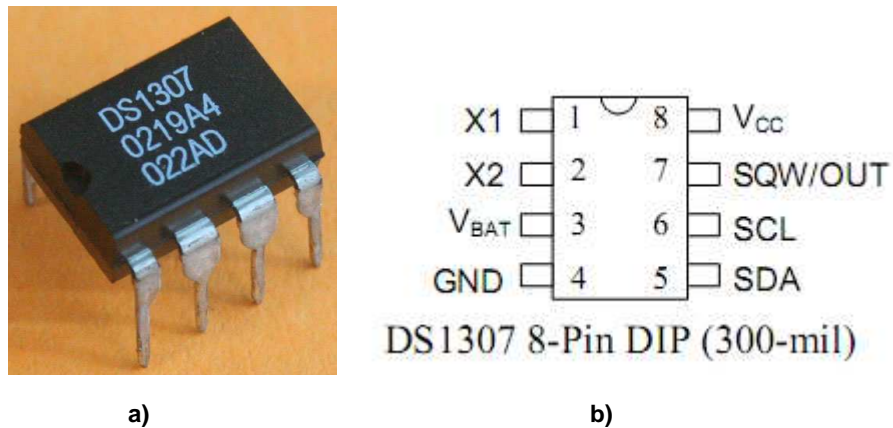


Fig. 1.3 Reloj en Tiempo Real: a) Circuito integrado DS1307, b) distribución de pines del reloj DS1307

El DS1307 es un poderoso reloj calendario en BCD, cuyas características más destacadas son las siguientes:

- Reloj de tiempo real que cuenta los segundos, los minutos, las horas, la fecha, el mes, el día de la semana, y el año, con compensación de años bisiestos, válido hasta el año 2100
- Formato de 12 Horas con indicador AM/PM ó de 24 horas
- Protocolo I2C
- 56 bytes de RAM no volátil, para almacenamiento de datos
- Señal de onda cuadrada programable
- Circuitos internos de respaldo para la alimentación automático
- Bajo consumo de potencia: menor a 500nA en modo respaldo, a 25 grados Centígrados
- Sólo 8 pines

### 1.1.3 SENSOR

Un sensor o captador, como prefiera llamársele, no es más que un dispositivo diseñado para recibir información de una magnitud del exterior y transformarla en otra magnitud, normalmente eléctrica, que seamos capaces de cuantificar y manipular.

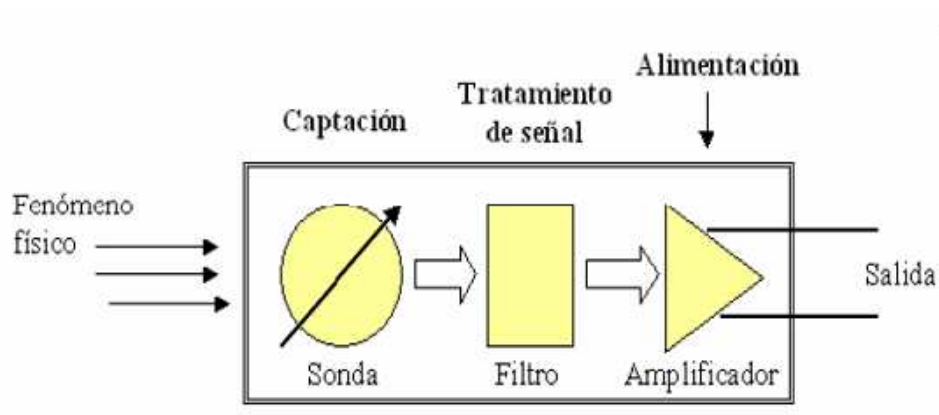


Fig. 1.4 Diagrama de bloques de un sensor

### 1.1.4 SENSOR PIR



Fig. 1.5 Detector de movimiento PIR (Passive Infra Red).

El sensor PIR "Passive Infra Red" (fig 1.5) es un dispositivo piroeléctrico que mide cambios en los niveles de radiación infrarroja emitida por los objetos a su alrededor a una distancia máxima de 6 metros. Como respuesta al movimiento, el sensor cambia el nivel lógico de un "pin", por lo cual, su uso es extremadamente

simple. Adicionalmente es un sensor de bajo costo y reducido tamaño muy utilizado en sistemas de alarmas, iluminación controlada por movimiento y aplicaciones de robótica.

### 1.1.5 MOTOR PASO A PASO



Fig. 1.6 Motor Paso a Paso unipolar

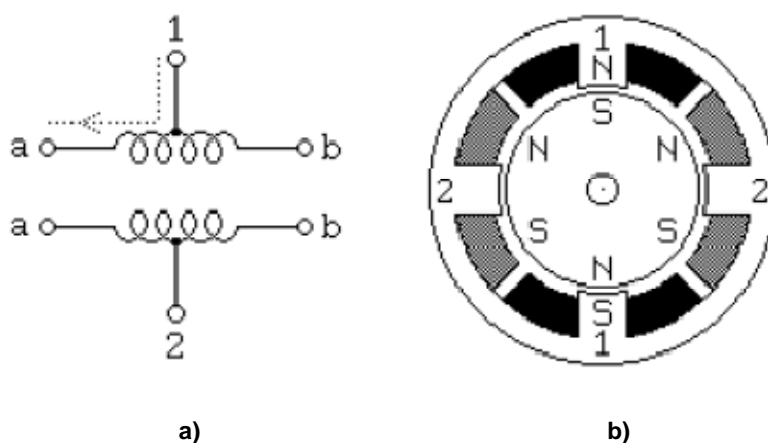


Fig. 1.7 Motor Paso a Paso unipolar: a) conexión de bobinas, b) distribución de polos magnéticos.

Se los puede definir como actuadores electromecánicos que convierten impulsos eléctricos en movimientos mecánicos. Ante cada impulso de excitación, el eje del motor gira un ángulo específico que se repite exactamente para cada impulso sucesivo. La velocidad de giro depende de la frecuencia de los pulsos de excitación y puede ser gobernado por impulsos procedentes de sistemas lógicos.



- Cuando se calibra a 25°C el LM335 tiene un error típico menor a 1°C en un rango de 100°C.
- A diferencia de otros sensores el LM335 tiene una salida prácticamente lineal.
- Puede utilizarse en prácticamente cualquier aplicación que necesite medir  $T^a$  entre - 55°C y +150°C.

### 1.1.8 LCD



Fig. 1.10 LCD (Liquid Cristal Display)

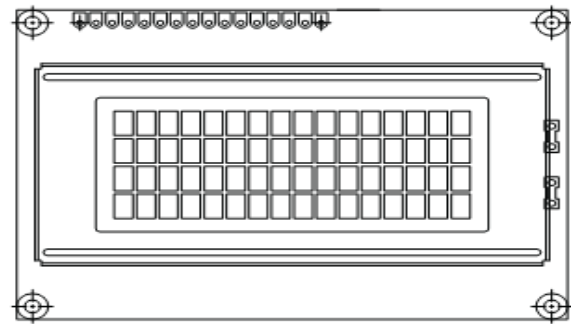


Fig. 1.11 Diagrama del LCD

**Pantalla de cristal líquido** (*Liquid Cristal Display*) dispositivo en el cual se puede visualizar un número de caracteres dependiendo su modelo mediante programación desde el microprocesador.

### 1.1.9 TRANSISTORES



Fig. 1.12 Transistor: a) Distribución de pines de un transistor 2N3904, b) Símbolo de un transistor tipo NPN



Los transistores se componen de tres bloques de germanio que forman tres electrodos: emisor, base y colector; el emisor y el colector son siempre del mismo tipo de germanio (lo más frecuente del tipo P), siendo la base de otro tipo (tipo N).

### 1.1.10 TRANSISTORES DARLINGTON



Fig. 1.13 Transistor Darlington

#### 1.1.10.1 Características

Designado para propósito general como amplificador y aplicaciones de switching de baja velocidades.

- Colector-Emisor sustaining voltage- $V_{CE(sus)}$ 
  - = 60V (Minimum) - TIP120, TIP125
- Colector-Emisor voltaje de saturación  $V_{CE(sat)}$ 
  - = 2.0V (Maximum) at  $I_C = 3.0A$ .
- Construcción monolítica con construcción de resistencias en paralelo entre base-emisor.

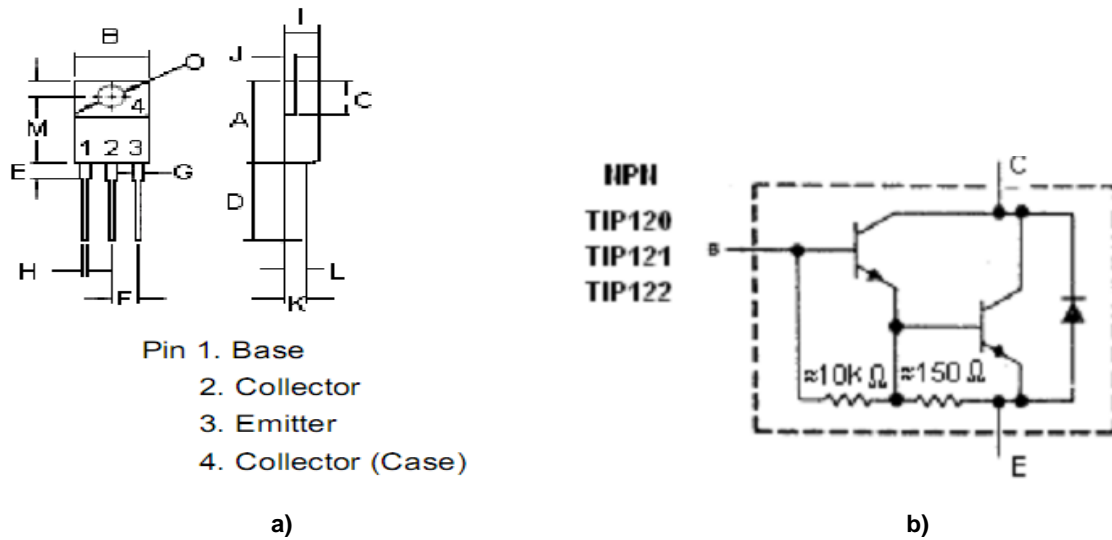


Fig. 1.14 Transistor Darlington: a) Distribución de pines, b) Diagrama interno

### 1.1.11 LM358

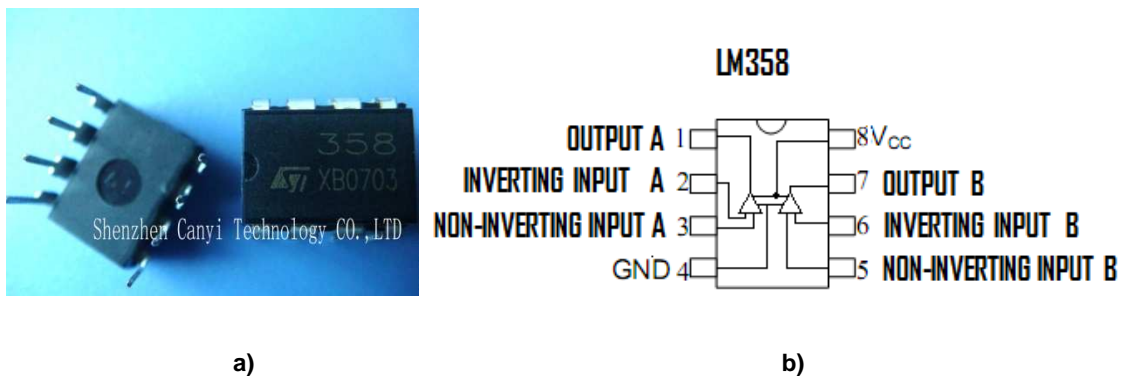


Fig. 1.15 Amplificador Operacional LM358: a) Circuito integrado LM358, b) Distribución de pines.

Se trata de un circuito integrado en el cual en su configuración existen dos amplificadores operacionales.

#### 1.1.11.1 Características:

- Amplio Rango de Voltajes de Alimentación: Alimentación Única... 3V a 30V (LM2904 y LM2904Q... 3V a 26V) o Alimentación Doble

- Baja Corriente de Alimentación de sumidero independiente del Voltaje de alimentación ... 0.7 mA Typ
- Rango de Voltaje de entrada en modo común incluido tierra, permitiendo una puesta directa a tierra.
- Entrada bajas a favor y parámetros de compensación: compensación de Voltaje de entrada ... 3mV Typ
- Unas versiones ...2mV Typ – compensación de corriente de entrada ... 2nA Typ – Corriente de entrada a favor ... 20 nA Typ
- Unas versiones ... 15 nA Typ
- Rango de voltaje de entrada igual al voltaje de alimentación como máximo ... $\pm 32$  V (LM2904 y LM2904Q ... $\pm 26$  V)
- Voltaje de amplificación diferencial a bucle abierto ...100 V/mV Typ
- Compensación de frecuencia interna

| COMPONENT COUNT |    |
|-----------------|----|
| Epi-FET         | 1  |
| Diodes          | 2  |
| Resistors       | 7  |
| Transistors     | 51 |
| Capacitors      | 2  |

Tabla 1.1 Elementos internos de un A.O. LM358.

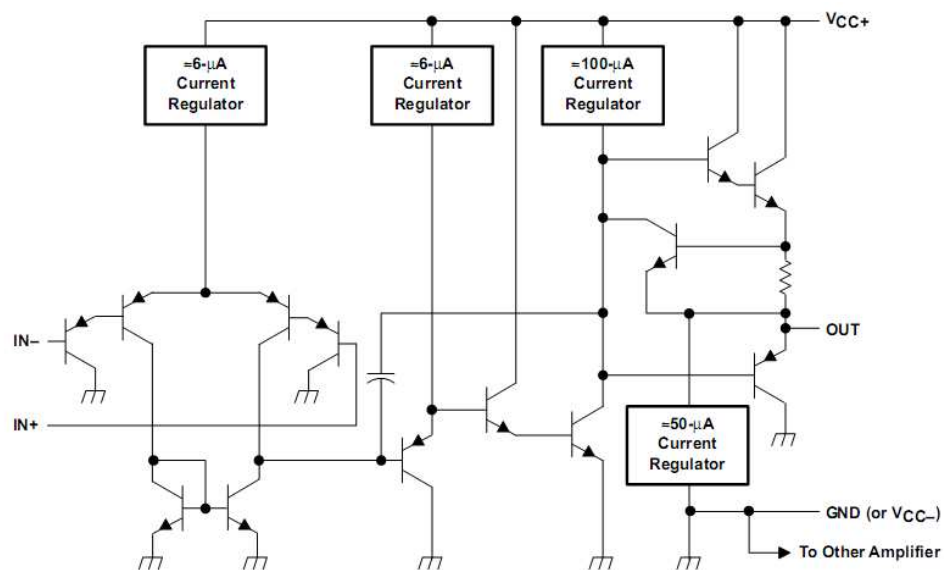


Fig. 1.16 Esquema interno de un A.O. LM358.

### 1.1.12 FINES DE CARRERA

Son dispositivos electromecánicos, similares a un interruptor el cual se activa o desactiva al ser presionado y dejado de presionar respectivamente; estos se utilizan para detectar el final o comienzo de un recorrido, colocados al principio o fin del mismo se accionan al momento que son presionados por algún elemento que se encuentra en la parte mecánica del recorrido a ser sensado.

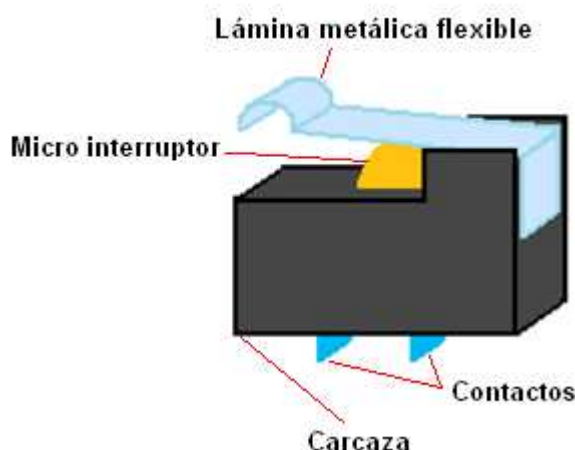


Fig. 1.17 Final de Carrera

### 1.1.13 FUNCIONAMIENTO DE MOTORES PASO A PASO

Los motores paso a paso han encontrado últimamente su aplicación en sistemas de posicionamiento. Se los puede definir como actuadores electromecánicos que convierten impulsos eléctricos en movimientos mecánicos. Ante cada impulso de excitación, el eje del motor gira un ángulo específico que se repite exactamente para cada impulso sucesivo. La velocidad de giro depende de la frecuencia de los pulsos de excitación. El circuito de un motor paso a paso se puede simplificar como en la Figura 1.18. El estator (o estatores) y la bobina que se envuelve alrededor de estos están contruidos de tal forma que al aplicarse un voltaje crean un electroimán con polaridades opuestas tal que pueden atraer y hacer girar al rotor. El rotor a su vez es un núcleo de hierro dulce o un imán permanente que constituye un par polar capaz de girar alrededor de su centro geométrico.

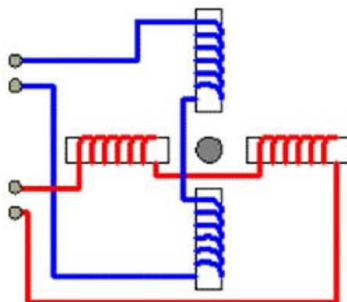


Fig. 1.18 Bobinado de un motor paso a paso

Para explicar el funcionamiento del motor de pasos tome como referencia el motor simplificado de la figura 1.18 en el que se muestra un motor con 2 pares polares estatores y un solo par polar rotor. Si se aplica voltaje con una cierta polaridad, el polo A del estator se hace SUR y B se hace NORTE (la dirección de enrollamiento de las bobinas posibilita que esto ocurra). El par polar rotor se alineará como se ve. Si el rotor es un imán permanente, hay una fuerza de frenado ("detent" torque) que ayuda a mantener al par rotor en su nueva posición. A esto contribuye el diseño mecánico especial de los motores de paso. Tanto para los motores de imán permanente como de reluctancia variable, el rotor girará cuando el torque generado por la bobina exceda el torque de frenado del motor, punto en el cual, el rotor girará a su nuevo punto de equilibrio. No solamente que el rotor se alineará en esa posición sino que permanecerá así siempre y cuando haya voltaje aplicado a la bobina.

Ahora, para que el rotor continúe girando se retira el voltaje de la primera bobina y se aplica sobre la segunda. Esta vez los polos A y B no tendrán atracción magnética pero si los polos C y D y el par polar rotará (figura 1.19) hasta alinearse con el nuevo electroimán creado.

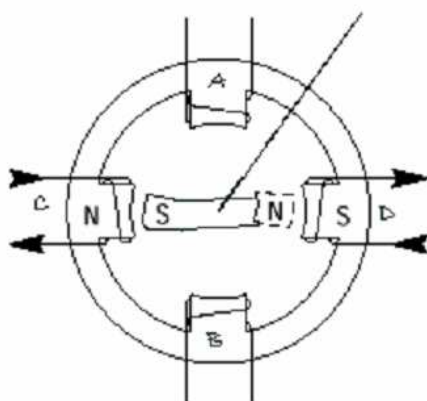


Fig. 1.19 Polos generados en un motor paso a paso

Si se quita el voltaje de la segunda bobina y se vuelve a aplicar a la primera pero con polaridad contraria, es obvio que la polaridad del electroimán será contraria a la anterior (A será ahora el Norte y B el sur) y esto permitirá que el par polar rotor siga girando como se ve en la figura 1.20.

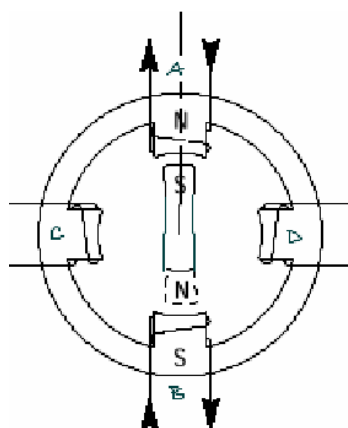


Fig. 1.20 Rotación de polos de un motor paso a paso

Como se podrá haber deducido, el ángulo de giro depende del número de pares polares estatores (fases o bobinas) y del número de pares polares rotores (polos). En el caso del ejemplo que se analiza, el ángulo de giro es 90 grados y el sentido de giro del rotor es horario. El ángulo de giro constituye la "resolución del motor. A mayor resolución un motor dará más pasos para completar una vuelta completa.

Se completará una vuelta si se aplica nuevamente voltaje a la segunda bobina, pero así mismo con polaridad contraria a la anterior. Si se continúa aplicando voltaje en la forma y alternabilidad descrita, el par polar rotor continuará girando. Note que el giro del motor solo es posible si se alimenta en forma alternada a las bobinas. Si en algún momento, al aplicar el voltaje a una bobina, se lo hace pero sin cambiar la polaridad que tuvo anteriormente, el motor girará en sentido contrario. Lógicamente, para que continúe girando en el nuevo sentido se deberá continuar con una nueva secuencia de alternabilidad.

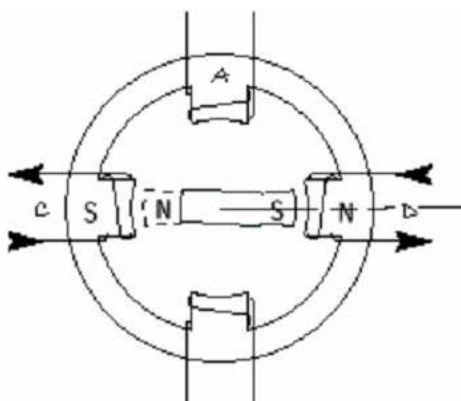


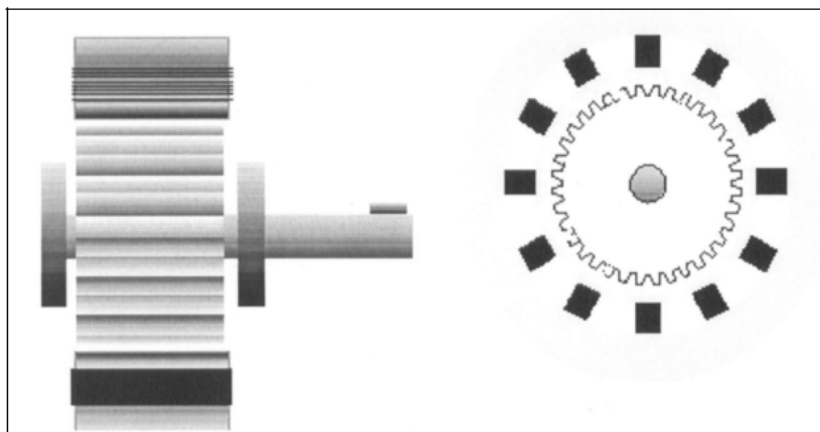
Fig. 1.21 Alternabilidad de polos de un motor paso a paso

#### 1.1.13.1 Tipos de motores de paso según su construcción

Desde el punto de vista de su construcción mecánica, los motores de paso se fabrican dentro de 3 grandes categorías:

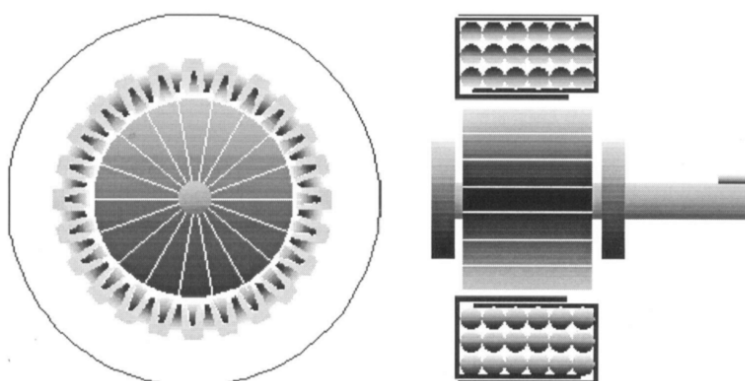
- Reluctancia variable,
- Imán permanente, e
- Híbridos.

Los de reluctancia variable (Figura 1.22) consisten de un estator y un rotor con diferente número de “dientes”. El rotor no está magnetizado permanentemente y por lo mismo al girarlo con los dedos no muestra oposición; es decir gira libremente y no tiene un torque de frenado (detent torque). Aunque la relación torque a inercia de este motor es buena, el torque dado para cierto tamaño es muy limitado, por lo mismo, se los construye de tamaños pequeños y raramente se los emplea en aplicaciones industriales.



**Fig. 1.22 Estructura del motor de reluctancia variable**

Los motores de imán permanente, “tin can” o “canstack” (Figura 1.23) poseen un rotor que es un imán permanente magnetizado radialmente (como lo pedazos de un pastel) y un estator como el de los motores de reluctancia variable. A diferencia de los otros motores de paso, el rotor del motor no tiene dientes y está diseñado para ser magnetizado a ángulos rectos de su eje. Por la técnica especial que se usa en la manufactura del estator, se los conoce a veces como motores con polos dentados (clan pole). Son los que típicamente se usa en las impresoras para mover la rueda impresora.

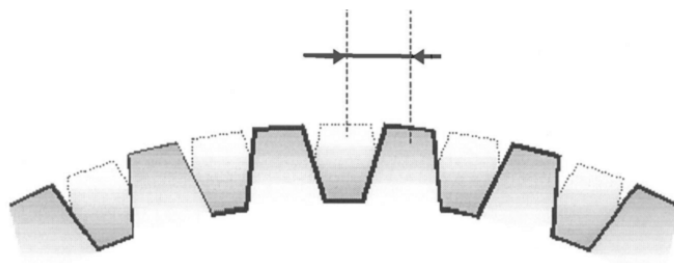


**Fig. 1.23 Estructura del motor de imán permanente**

El híbrido es quizás el motor de pasos más empleado. Se lo construye como una combinación del de RV y el de imán permanente. Generalmente posee un estator dentado con varias fases y un rotor compuesto de tres partes (formando una sola



pila); esto es, dos piezas polares dentadas separadas por un imán permanente magnetizado radialmente. Cada pieza está alineada de tal forma que los dientes de una quedan a medio paso de los dientes de la otra (Figura 1.24). De esta forma se logra que el motor tenga una resolución alta.



**Fig. 1.24 Off-set en los dientes del motor híbrido**

Los motores híbridos estándar tienen rotores con 200 dientes y pueden rotar con un ángulo de 1.80 grados por paso. También hay disponibles motores híbridos con 0.9° y 3.6° grados por paso. Debido a su gran torque estático y dinámico y que pueden girar a altas velocidades, los motores híbridos se emplean ampliamente en la industria.

#### 1.1.13.2 Tipos de bobinados

Si se toma en cuenta la forma como se conectan los bobinados, es posible clasificarlos como sigue:

##### 1.1.13.2.1 Motores de Reluctancia Variable

Los motores de reluctancia variable se construyen típicamente con varias bobinas conectadas como se muestra en el diagrama esquemático de Figura 1.25, con un terminal común a todos los bobinados. En la práctica, el cable común va típicamente al positivo de la fuente y los bobinados son energizados en secuencia.

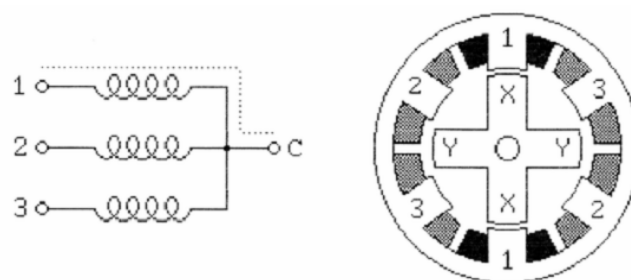


Fig. 1.25 Bobinado de los motores de reluctancia variable.

### 1.1.13.2.2 Unipolares

Los motores paso a paso unipolares se componen de 4 bobinas.

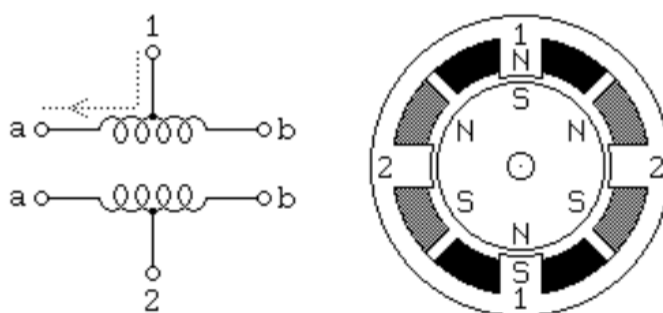


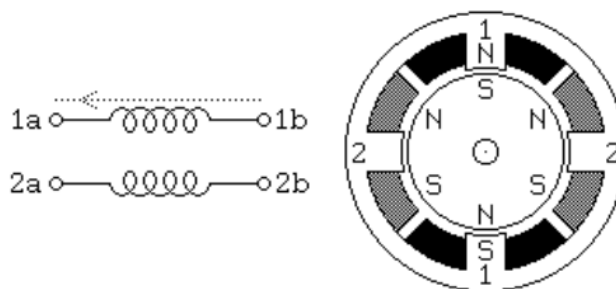
Fig. 1.26 Motor de imán permanente o híbrido unipolar.

Se llaman motores de paso unipolares a los de imán permanente o híbridos alambrados como se muestra en la Figura 1.26, con una toma central en cada uno de los bobinados. Suelen tener 5 o 6 cables. En la práctica, las tomas centrales de los bobinados se unen típicamente al voltaje positivo, y se conectan con tierra los dos extremos de cada bobinado alternadamente para invertir la dirección del campo proporcionado por cada bobinado. El paso del motor mostrado en la Figura 1.27 es de 30 grados tanto para el motor de imán permanente como para el motor híbrido, la diferencia entre estos dos tipos del motor no es relevante en este nivel de abstracción. El bobinado número 1 del motor es distribuido entre la cima y la base del polo del estator, mientras el bobinado número 2 del motor es distribuido entre los polos de la izquierda y la derecha. El rotor es un imán permanente con 6 polos, 3 sur y 3 norte, distribuidos alrededor de la circunferencia. Para resoluciones angulares más altas, el rotor

debe tener proporcionalmente más polos. Los 30 grados por paso del motor de la figura es uno de los diseños de motor de imán permanente más común, aunque también hay de 15 y 7.5 grados por paso. Se hacen motores de imán permanente con resoluciones tan buenas como 1.8 grados por paso, y se construyen rutinariamente motores híbridos con 3.6 y 1.8 grados por paso, habiendo disponibles con resoluciones tan finas como 0.72 grados por paso.

### *1.1.13.2.3 Bipolares*

Los motores bipolares de imán permanente e híbridos son construidos con exactamente el mismo mecanismo como se usó en los motores unipolares, pero los dos bobinados se alambran más sencillamente, sin las tomas centrales. Así, el propio motor es más simple pero los circuitos de control necesitan invertir la polaridad de cada bobina, lo cual es más complejo. El esquemático de la Figura 1.30 muestra cómo el motor es alambrado. Note que la sección de corte mostrada aquí es exactamente igual que la sección de corte mostrada en la Figura 1.27.



**Fig. 1.27** Motor bipolar de imán permanente o híbrido.

El circuito de control para este motor requiere un circuito en puente - H - para cada bobinado. Brevemente, un puente "H" permite cambiar la polaridad del voltaje aplicado a cada extremo de cada bobina en forma independiente. La secuencia de control para que un motor bipolar gire se muestra abajo, usando los símbolos + y - para indicar la polaridad de la energía aplicada a cada terminal del motor:

Terminal 1a + - - - + - - - + - - - + - - - + + - - + + - - + + - - + + - - + +

Terminal 1b - - + - - - + - - - + - - - + - - - + + - - + + - - + + - - + +



### 1.1.13.2.5 Motores Multifase

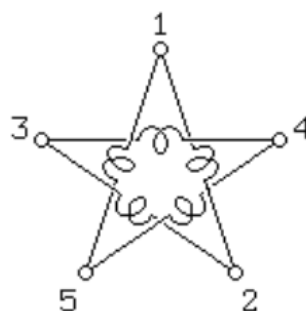


Fig. 1.29 Motor multifase

Una clase menos común de motor de paso de imán permanente es alambrado con todos los bobinados del motor en una serie cíclica, con una toma entre cada par de bobinados en el ciclo. Los diseños más comunes en esta categoría usan cableados de 3 fases y 5 fases. El control requiere la mitad de un puente H para cada terminal del motor, pero estos motores pueden proporcionar más torque para un tamaño de motor dado porque todos o todos menos uno de los bobinados de motor en cada punto del ciclo de conducción está energizado. Algunos motores de 5 fases tienen resoluciones altas en el orden de 0.72 grados por paso (500 pasos por revolución). Con un motor de 5 fases, hay 10 pasos por repetir en el ciclo de paso, como se muestra abajo:

Terminal 1 + + + - - - - + + + + - - - - + +

Terminal 2 - - + + + + - - - - + + + + - - -

Terminal 3 + - - - - + + + + - - - - + + + +

Terminal 4 + + + + - - - - + + + + - - - -

Terminal 5 - - - - + + + + - - - - + + + + -

Tiempo ----->

### 1.1.14 VENTILACIÓN

El viento es uno de los parámetros más importantes a considerar en la arquitectura, ya sea para captarlo, evitarlo o controlarlo. Para lograr una adecuada ventilación en la arquitectura es necesario comprender como se comporta el

viento y de qué manera pueden aprovecharse los patrones que sigue en su recorrido a través de las edificaciones.

En arquitectura se denomina **ventilación** a la renovación del aire del interior de una edificación mediante extracción o inyección de aire. La finalidad de la ventilación es:

- Asegurar la renovación del aire respirable.
- Asegurar la salubridad del aire, tanto el control de la humedad, concentraciones de gases o partículas en suspensión.
- Luchar contra los humos en caso de incendio.
- Bajar las concentraciones de gases o partículas a niveles adecuados para el funcionamiento de maquinaria o instalaciones.
- Proteger determinadas áreas de patógenos que puedan penetrar vía aire.
- Colaborar en el acondicionamiento térmico del edificio.
- La introducción de aire exterior en el edificio puede modificar la temperatura interna de éste, lo cual puede suponer un problema cuando el aire exterior está a 30°C

Todas estas cargas térmicas deberían ser dominadas y compensadas si uno desea obtener un ambiente confortable. El único medio de asegurarse esta comodidad es el aire acondicionado.

Los principios del aire acondicionado se basan en transporte de calor de un punto a otro, y el medio generalmente usado para este movimiento de calor es el refrigerante

Se realiza mediante el estudio de las características arquitectónicas, uso y necesidades de cada área.

### **1.1.15 EL VIENTO**

#### **1.1.15.1 Vientos generales**

La acción del sol y el movimiento de rotación terrestre dan lugar a la presencia del viento en la tierra. El viento es aire en movimiento que se genera por las

diferencias de presión y de temperatura atmosféricas, causadas por un calentamiento no uniforme de la superficie terrestre, ya que mientras el sol calienta aire, agua y tierra de un lado del planeta, el otro lado se enfría a causa de la radiación nocturna hacia el espacio. Este calentamiento desigual de la atmósfera origina movimientos de aire compensatorios que tienden a reducir la diferencia horizontal de temperatura.

#### 1.1.15.2 **Vientos convectivos**

Sin fuerte gradientes de presión, la circulación general de los vientos es frecuentemente dominada por vientos resultantes de pequeña escala de gradientes de presión producidas por diferencias de temperatura dentro de la localidad.

El aire que se aligera por el calentamiento de las superficies es forzado a subir, mientras que el aire que es enfriado tiende a hundirse, creando de esa forma un pequeño sistema de circulación convectiva en el cual tanto el flujo vertical como el flujo horizontal tienen la misma importancia, por tanto, los vientos convectivos se refieren a todos los vientos ascendentes, descendentes y horizontales que tienen su origen principal en las diferencias locales de temperatura.

La naturaleza y fuerza de los vientos convectivos depende de muchos otros factores, todos ellos relacionados con la temperatura y, en general, de todas las características del ambiente que afectan el calentamiento y enfriamiento.

Los principales sistemas convectivos son:

- \* Brisas de tierra y mar
- \* Vientos de ladera
- \* Vientos de valle

#### 1.1.15.3 **Antecedentes en la utilización del viento.**

Desde sus orígenes, el hombre se vale de la energía en sus diversas formas. El viento es una forma de energía solar que este utiliza desde entonces para satisfacer múltiples necesidades. El viento es aire en movimiento producido por las diferencias de temperatura y la presión atmosférica, causadas a su vez por el calentamiento no uniforme de la superficie terrestre; por lo tanto, la acción calorífica del sol y la rotación terrestre originan el fenómeno eólico.

Existen cuatro sistemas naturales de energía en nuestro planeta:

- \* El sol
- \* El viento
- \* El agua
- \* La tierra

De estos cuatro el más importante es el sol, ya que gracias a su acción es posible la manifestación de los tres restantes.

El viento, es una forma de energía solar, es de gran importancia para el hombre. Todos los seres vivos necesitamos de aire para subsistir. La naturaleza lo ha proporcionado limpio, puro y gratuito durante miles de años. El aire limpio, rico en oxígeno para respirar, es la necesidad ambiental más urgente para la vida humana.

El viento si se utiliza sensatamente, puede proporcionar una amplia gama de satisfactores, entre los que se puede señalar:

Aire fresco y puro

Confort ambiental, climatización natural en diferentes climas

El ahorro de energía es de vital importancia en la actualidad, pues favorece la preservación de los recursos energéticos naturales y del medio ambiente.

El movimiento continuo del aire es una necesidad vital para la sobrevivencia del hombre; al mismo tiempo es una necesidad primaria para el bienestar térmico o confort ambiental de los usuarios de un espacio, para disipar por convección el calor excesivo del cuerpo y para evaporar la transpiración. Por lo tanto, el viento es uno de los elementos climáticos más importantes, pues la dispersión del aire contaminado y el confort humano dependen enormemente de su manejo adecuado.

En la arquitectura el control adecuado del viento tiene una gran importancia, ya que determina los niveles de bienestar higrotérmicos de los usuarios en su hábitat, y sobre todo la salud de los mismos.

Se puede resumir la acción de la ventilación en distintas funciones: la primera, de carácter prioritario, es la de mantener la calidad del aire sobre niveles aceptables, reemplazando el aire interior, viciado por aire exterior fresco. La segunda es la de proporcionar confort natural biotérmico, al incrementar las pérdidas del calor del cuerpo y prevenir la falta de confort por la acumulación de humedad en la piel.



## **1.1.16 TIPOS DE VENTILACIÓN**

### **1.1.16.1 Ventilación Forzada**

Es la que se realiza mediante la creación artificial de depresiones o sobre presiones en conductos de distribución de aire o áreas del edificio. Éstas pueden crearse mediante extractores, ventiladores, unidades manejadoras de aire (UMAs) u otros elementos accionados mecánicamente.

### **1.1.16.2 Ventilación Natural**

Es la que se realiza mediante la adecuada ubicación de superficies, pasos o conductos aprovechando las depresiones o sobre presiones creadas en el edificio por el viento, humedad, sol, convección térmica del aire o cualquier otro fenómeno sin que sea necesario aportar energía al sistema en forma de trabajo mecánico.

Tanto la ventilación natural como la forzada se pueden especializar más y dividir de la siguiente forma:

- Ventilación por Capas.
- Ventilación Cruzada.
- Ventilación por Inyección de Aire o Sobre Presión.
- Ventilación por Extracción de Aire o Presión Negativa.
- Ventilación Localizada o Puntual.
- Ventilación General.

#### *1.1.16.2.1 Confort.*

El confort es el parámetro más importante dentro del diseño arquitectónico bioclimático. Lograr bienestar físico y psicológico es el objetivo primordial al diseñar y construir cualquier espacio.

Diseño de la ventilación natural.

En el diseño de un sistema de ventilación natural son muchas las variables que intervienen en el patrón del flujo de aire dentro de una habitación y en los efectos que este movimiento del aire causa sobre los habitantes en términos

de confort. Las primeras variables que se deben considerar son aquellas inherentes al viento:

- Velocidad
- Dirección
- Frecuencia
- Turbulencia

Estas deben analizarse sobre el sitio preciso de diseño, tomado en cuenta sus cambios diarios (horarios) y estacionales (mensuales) ya que los vientos predominantes, generales y regionales, comúnmente se alteran a causa de las características locales, de topografía, vegetación y construcciones cercanas al terreno. En segundo lugar se debe considerar todas las variables arquitectónicas y constructivas.

- Forma y dimensión del edificio
- Orientación con respecto al viento
- Localización y tamaño de las aberturas de entrada y salida de aire
- Tipo de ventanas y sus accesorios
- Elementos arquitectónicos exteriores e interiores.
- Cada una de ellas causa un efecto en el flujo el aire alrededor del edificio, pero principalmente enfocándose a las características resultantes del movimiento de aire en el interior del espacio.

#### 1.1.16.3 Ventilación selectiva

La Ventilación selectiva es una estrategia de diseño bioclimático de edificios propuesta por Givoni cuando el tenor de humedad del aire es bajo y de aplicarse estrategias como la ventilación cruzada el edificio entraría en disconfort higrotérmico. Esto debido a que una corriente de aire con bajo tenor de humedad sobre la piel produce su desecación con el consiguiente disconfort. En estos casos la ventilación selectiva se aprovecha de la diferencia de entalpía entre el aire diurno y nocturno favoreciendo el refrescamiento de los espacios interiores de los edificios. Esto implica que durante el día la ventilación de los locales será mínima y deberán ser umbríos (sombreados) reduciendo todo lo posible la incidencia de la radiación solar directa y difusa. Con esto mantendremos los locales frescos.

#### 1.1.16.4 Infiltración

Es la entrada de aire desde exterior por fenómenos o usos en principio no considerados, pero que afectan o son asumidos para la ventilación, por ejemplo, rendijas en puertas o difusión a través de determinadas superficies.

#### 1.1.17 VENTILACIÓN NATURAL PARA EL CONFORT TÉRMICO EN VERANO

Los seres humanos no estamos preparados fisiológicamente para vivir a la intemperie. Esta carencia de aptitud natural debe ser compensada con la vestimenta en primer lugar, y con la utilización de edificios u otro tipo de espacios cerrados y protegidos (algo así como un segundo nivel de vestimenta) en segundo lugar.

Ambos, vestimenta y edificios nos preservan de aquellas condiciones naturales del clima que puedan ser perjudiciales a nuestra salud. A las vestimentas las podemos modificar permanentemente sacando o poniendo aquello que nos parezca lo más apropiado al momento, pero con los edificios no podemos hacer lo mismo.

De allí que una de las condiciones básicas que debe cumplir un edificio es la servir de protección de las inclemencias climáticas para con las personas que los habitan, aunque estos solo los utilicen en forma transitoria, algo similar debería suceder con los vehículos, aunque en este último caso es la transición de uso entre en exterior y un interior edificado, lo que hace menos exigentes sus niveles de climatización.

Cuando una persona siente comodidad termofísica en relación con el ambiente que los rodea, sea este al aire libre o un espacio interior, se dice que su situación es de “bienestar termofísico” o que se halla en condiciones de “confort térmico”.

Por lo contrario, cuando se halla en situación de incomodidad termofísica, habla de “no confort o disconfort” que puede llegar a la situación de “estrés térmico”, el bienestar termofísico o el confort, pueden ser situaciones prolongadas en el tiempo, aunque tampoco deben ser permanentes.

La necesidad de tener una cierta variabilidad en las condiciones ambientales que rodean ha sido demostrada en pruebas de laboratorio, lo cual es lógico, teniendo en cuenta que no todo momento las condiciones naturales las que se relacionan con el clima de un lugar están en permanente variabilidad.

En cambio una persona solo puede estar sometida a estrés térmico sin que produzcan trastornos orgánicos, solo por muy poco tiempo, cuando las condiciones de estrés son rigurosas. Si estas se prolongan, el organismo va agotando muy rápidamente las defensas naturales que posee para combatir y adecuarse a situaciones adversas y si el estrés es muy alto, las consecuencias pueden llegar a ser fatales.

La consecuencia natural con que el organismo humano funciona, es la de; reposo, actividad, descanso y esto sucede en periodos que difieren de persona a persona. Esta secuencia vale también para el estrés térmico. Si una persona, por los motivos que fuera, debe estar sometida a una situación de incomodidad termofísica, deberá salir de la situación cada tanto tiempo y descansar en situación de confort antes de volver a someterse al estrés.

En realidad el entorno dentro del cual, los seres humanos nos sentimos en condiciones de bienestar termofísico, es relativamente acotado. En la mayor parte del planeta y en la mayoría del tiempo diario o anual, las condiciones climáticas de un lugar están fuera de ese acotado entorno, lo cual convierte a este problema en un tema permanente, sobre el cual todavía hay mucho por investigar y dilucidar.

En las sensaciones de confort o desconfort térmico-físico influyen:

- Parámetros físicos: que incluyen la temperatura del aire y condiciones térmicas del ambiente (temperaturas radiantes o superficiales), la humedad del aire, la velocidad del aire, los olores, los colores del entorno, la intensidad de la luz y el nivel de ruido.
- Parámetros fisiológicos: que incluyen la edad, el sexo y características específicas de los ocupantes.

- Parámetros externos: que incluyen la actividad que desarrollan los ocupantes, vestimenta y condiciones sociales.

#### 1.1.17.1 El entorno del bienestar termofísico

La mayor manera de determinar cuál es el entorno de confort para los seres humanos, es realizar ensayos de laboratorio con personas que se presten voluntariamente para ello. Es un método que combina la encuesta con la precisión de las condiciones higrotérmicas que nos puede ofrecer un laboratorio. Un entorno que contenga el 80% de las respuestas favorables, constituye un entorno considerado válido como “zona de confort”.

Basados en estas experiencias o en criterios de validez, diferentes normativas o autores dan también distintos límites para las condiciones de temperatura interna, humedades relativas, tensión de vapor o velocidad en el movimiento del aire interior como indicación de cuáles son los límites que no deberían superarse al utilizar ventilación natural o en el caso del acondicionamiento mecánico en el movimiento del aire interior, para satisfacer los requerimientos de un porcentaje alto de personas.

Evidentemente no es lo mismo pensar en ventilación natural que en movimiento del aire interior producido por equipos de aire acondicionado y por ello encontramos en un extremo permisivo de estos límites del entorno de bienestar termofísico la mayor flexibilidad propuesta por Giovanni cuando plantea como tolerables temperaturas de hasta 28,5°C con aire en movimiento a velocidades de hasta 2m/s y una humedad relativa inferior al 90% y del lado opuesto los parámetros establecidos por estándar ASHRAE 55 para la categoría de oficinas climatizadas con aire acondicionado, donde se indican temperaturas operativas entre 24,5°C y 26°C, humedades relativas que no superen el 60% y velocidades del aire del orden de los 0,2m/s.

Es evidente que no se puede esperar los mismos niveles de confort higrotérmicos utilizando ventilación natural que cuando se utilizan equipamientos de aire acondicionado, pero recientes estudios han demostrado un bajo porcentaje de descontento “Low Percentage of Dissatisfied”, cuando se utiliza ventilación natural en forma explícita.

En cambio, los ocupantes de edificios acondicionados artificialmente, esperan temperaturas más frías, y rápidamente sienten desagrado si las condiciones térmicas difieren de lo esperado.

Estas diferencias en las expectativas de confort conllevan adaptaciones previas del comportamiento individual a las condiciones esperadas; los ocupantes de un edificio ventilado naturalmente usan vestimenta apropiada y abren y cierran las ventanas para controlar el caudal de aire, mientras que los ocupantes de edificios con acondicionamiento artificial, se visten con ropas livianas y esperan que el sistema se regule automáticamente. Otra de las diferencias puede deberse a factores fisiológicos, como la necesidad de cambios en las expectativas térmicas que se producen corporalmente a lo largo del año.

De Dear y Brager presentan un modelo de confort térmico adaptativo, en reemplazo del modelo fijo propuesto por estándar ASHRAE 55. Esto podría permitir que los edificios sean diseñados y operados para optimizar el confort térmico y reducir el uso de energía bajo diferentes condiciones internas.

Este modelo es el corazón de los cambios que se le están realizando al estándar ASHRAE 55. El modelo propone que los ocupantes de edificios ventilados naturalmente pueden estar confortables a mayores temperaturas internas acompañados de los aumentos en la temperatura del aire externo. (Ver la fig. 1.30).

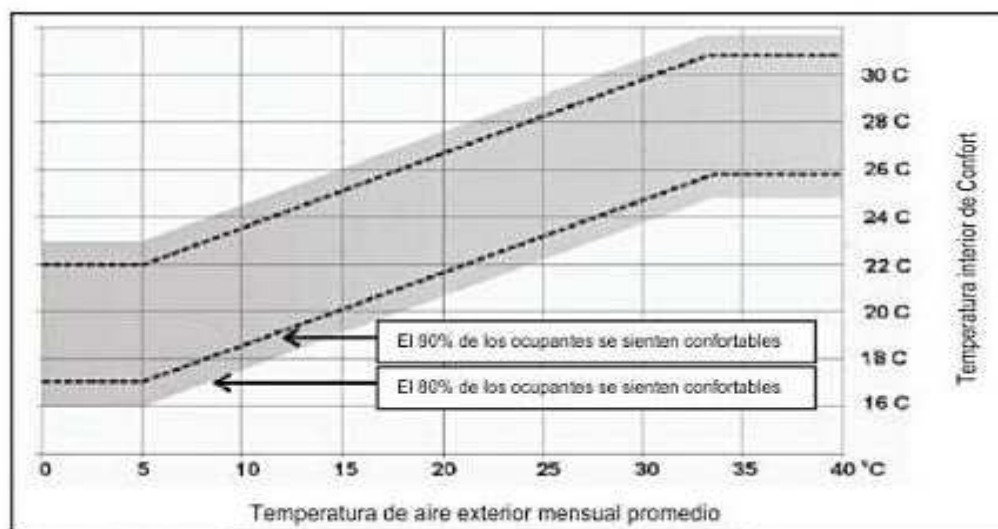


Fig. 1.30 Modelo de confort térmico de Dear y Brager

### 1.1.17.2 Los intercambios térmicos entre el ser humano y el ambiente que los rodea.

El cuerpo humano disipa el calor excedente transfiriéndolo al entorno que lo rodea, ya sea el aire libre o dentro de un espacio construido, para ello utiliza los siguientes mecanismos de transferencia de energía:

- Transferencia por Conducción: Transfiriendo calor hacia todo aquello que este en contacto directo con el cuerpo desnudo a vestido. Por ejemplo, el piso (si la persona esta parada), una silla, el colchón de la cama, una pared, etc.
- Transferencia por Convección: Transfiriendo calor del cuerpo hacia el aire en movimiento que lo rodea.
- Transferencia por Radiación: Transfiriéndole calor bajo la forma de energía radiante hacia todos los objetos o personas que lo rodean (paredes, techos, muebles, etc.).
- Transferencia por Evapo-transpiración: Transfiriendo calor latente por cambio de fase por evaporación del sudor o por la respiración hacia el aire que rodea al cuerpo y que incorpora vapor de agua por este proceso.

Todo proceso de transferencia de calor se dirige del cuerpo de mayor temperatura hacia el cuerpo de menor temperatura. La piel está a una temperatura variable según las zonas del cuerpo, pero se puede considerar un valor promedio de 34°C. En el interior del cuerpo el promedio es de 37°C.

En definitiva, las posibilidades de disipar el calor excedente dependerá de las temperaturas del aire o superficiales de todos los elementos que rodean a la persona.

Para que el cuerpo se halle en equilibrio termofísico deberá cumplirse la siguiente ecuación:

$$Q_{\text{metabolismo a disipar}} \pm Q_{\text{conducción}} \pm Q_{\text{convección}} \pm Q_{\text{radiación}} - Q_{\text{evapotranspiración}} = 0$$

Si el resultado da más de cero (números positivos), la persona no está disipando lo suficiente y la temperatura del cuerpo se elevará.

Si en cambio da menos de cero (números negativos), esto quiere decir que se está enfriando más de lo necesario y que deberá corregirse esta situación en lo inmediato.

En la tabla 1.2 se muestra el efecto de las variables ambientales sobre el confort térmico. Un nivel de confort dado puede ser alcanzado usando múltiples combinaciones de estas variables.

| Variable                  | Unidad                                  | Efecto sobre el cuerpo humano   |
|---------------------------|---|---|
| Temperatura de bulbo seco | °C                                      |  <ul style="list-style-type: none"> <li>Exagerada pérdida de calor por convección cuando está baja</li> <li>Demasiado calor cuando está cercana a la temperatura corporal</li> </ul> |
| Humedad                   | °C (bulbo húmedo)<br>% humedad relativa |  <ul style="list-style-type: none"> <li>La pérdida de calor por evaporación aumenta o se inhibe</li> </ul>   |
| Temperatura radiante      | °C                                      |  <ul style="list-style-type: none"> <li>Pérdida o ganancia de calor por radiación</li> </ul>   |
| Viento                    | Dirección y velocidad<br>m/s            |  <ul style="list-style-type: none"> <li>Efecto de refrescamiento o acaloramiento dependiendo de la temperatura del aire</li> </ul>  |
| Radiación solar           | W/m <sup>2</sup>                        |  <ul style="list-style-type: none"> <li>Acaloramiento</li> </ul>   |

Tabla 1.2 Variables ambientales sobre el confort térmico

### 1.1.17.3 Los intercambios térmicos entre el edificio y el ambiente que lo rodea

El impacto que sufre un edificio desde el ambiente exterior está relacionado a:

- Radiación solar;
- Temperatura del aire exterior;
- Otras temperaturas externas del cielo, campo y superficie de los alrededores;
- Condiciones del viento;
- Humedad del aire exterior;
- Concentración de contaminantes exteriores.

El impacto desde el ambiente interior se relaciona a:

- Calor ganado desde luminarias, ocupantes y equipos;
- Fuentes de humedad y contaminantes;



- Calor sensible y latente de equipos acondicionadores.

Un edificio puede ser descrito como un sistema complejo constituido por diferentes elementos sólidos, que conforman un espacio cerrado. En este sistema se puede identificar los siguientes mecanismos de transferencia de calor y masa (figura 1.31):

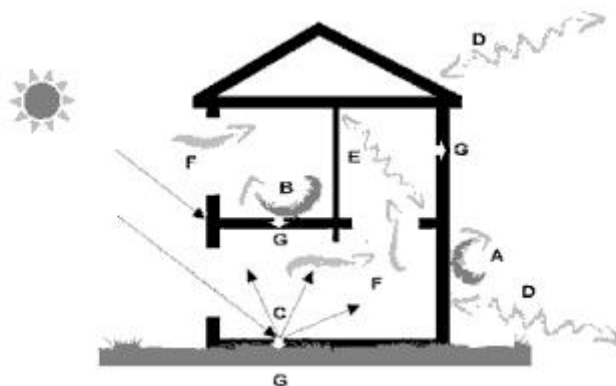


Fig. 1.31 Esquema que muestra los mecanismos envueltos en el comportamiento térmico de los edificios.

- A. Convección externa entre las superficies exteriores y el aire exterior;
- B. Convección interna (usualmente natural o mixta) entre las superficies interiores, ocupantes, luminarias, etc y el aire interior;
- C. Radiación de onda corta proveniente del sol;
- D. Radiación de onda larga exterior entre las superficies del edificio y el cielo, edificios aledaños y el suelo,
- E. Radiación de onda larga entre las superficies interiores y fuentes térmicas;
- F. Flujos de aire a través de aberturas, entre diferentes recintos y entre estos y el exterior;
- G. Conducción a través de los elementos del edificio (interiores y exteriores).

#### 1.1.17.4 El uso de la ventilación natural para el confort térmico en verano.

Como se dijo anteriormente, hay dos maneras en las que la ventilación puede mejorar el confort: la ventilación natural directa sobre las personas (llamada

también ventilación de confort) o la ventilación natural sobre la masa interna del edificio (que en función de las horas más propicias para realizarlo se llama también ventilación nocturna), ambos son considerados sistemas de refrescamiento pasivo basados en la potencial capacidad de transferencia térmica del aire en movimiento.

Diversos autores han estudiado cuales son los parámetros básicos climáticos dentro de los cuales estos sistemas alcanzan su mayor eficiencia. Si bien hay ciertas diferencias en estos parámetros si se trata de un sistema u otro, se puede afirmar que el campo de aplicación se optimiza cuando:

- Las temperaturas máximas medias a lo largo del periodo cálido no superan los valores entre 29° y 32°C
- La amplitud térmica diaria no sea inferior a los 10°C
- La tensión de vapor media no supere los 19g/Kg
- La humedad relativa no supere el valor del 90% en ningún momento del día
- La velocidad media de los vientos no sea inferior a 7,2 km/h (2m/s)

#### 1.1.17.5 Ventilación directa sobre las personas

La transferencia de calor se realiza directamente desde la persona al flujo de aire en movimiento que la envuelve con resultados casi nulos sobre las temperaturas radiantes superficiales.

Esto hace muy dificultosa su evaluación, sobre todo si se toma en cuenta, que a ciertas horas del día, la temperatura del aire que ingresa al recinto puede ser sensiblemente mayor que la temperatura media radiante interior.

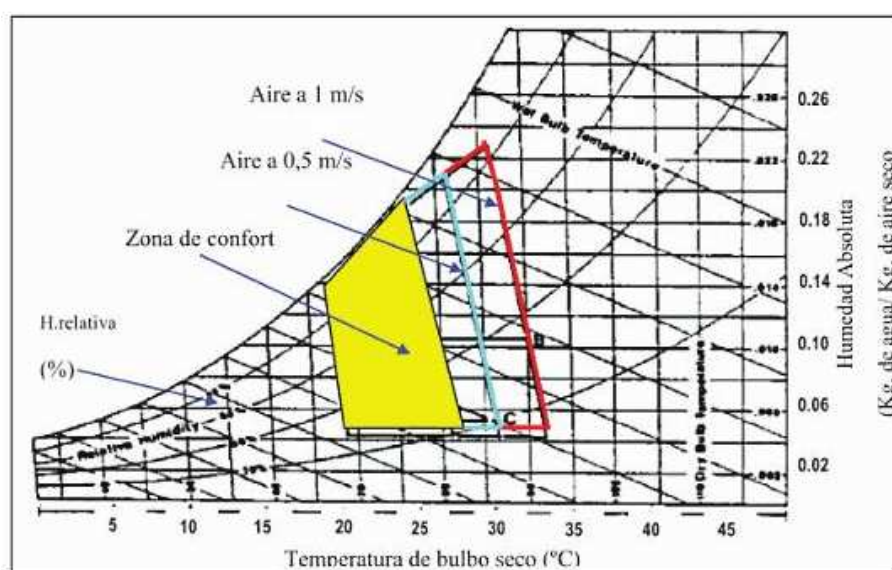
Mientras que la ventilación para mantener una calidad de aire interior óptima es independiente de las condiciones climáticas, la ventilación de confort depende particularmente de la temperatura y presión de vapor.

Modificando el movimiento del aire alrededor del cuerpo humano puede también ayudar a controlar el confort térmico. Introduciendo aire exterior con una cierta velocidad al edificio puede proveer un efecto fisiológico y directo de enfriamiento aún cuando la temperatura del aire interior sea elevada.

Este es particularmente, el caso cuando la humedad es alta, mayores velocidades de aire aumentan la tasa de transpiración de la piel, minimizando el desconfort que las personas sienten cuando su piel está húmeda.

Este confort es deseable, desde el punto de vista fisiológico, aún cuando la temperatura del aire exterior sea mayor a la temperatura interna, porque el límite superior de temperatura de confort es mayor con velocidades de aire mayores.

En el siguiente diagrama psicrométrico (figura 1.32) se puede ver como se aplica la zona de confort por el aumento de la velocidad del aire interior.



**Fig. 1.32 Diagrama psicrométrico en el que se muestra el efecto de la velocidad del aire interior e le confort térmico (Diagrama extraído del “Desing: cooling buildings by natural ventilation”).**

Se debe apreciar que cuando están involucrados grandes caudales de aire, como es necesario para la ventilación de confort, la distribución de velocidades no es homogénea y notables variaciones aparecen en todo el recinto.

Por esta razón la ventilación para refrescamiento siempre debería ser especificada en términos de velocidad de aire y no en renovaciones/hora o en  $\text{m}^3/\text{hora}$ , ya que no hay una relación directa entre caudal y velocidad a través de un edificio.

Por ejemplo un pequeño caudal turbulento podría desarrollar caudales promedio superiores, en el área ocupada del recinto, que un gran un gran caudal laminar dirigido hacia el cielorraso. Esta relación también depende de la geometría del espacio y la ubicación de las aberturas.

La ventilación de confort puede ser provista en cualquier que sea beneficiosa fisiológicamente, ya sea durante el día o la noche, en contraste con la ventilación nocturna sobre la masa del edificio. Con una tasa de ventilación elevada la temperatura interna tiende a igualarse con la externa.

Una estrategia que considere a la ventilación de confort, que es muy común en climas cálidos y húmedos, necesita diseños que maximicen el confort alcanzable con ventilación natural.

Cuando se utiliza la ventilación en el contexto de su efecto en el confort, debe recordarse que el factor más importante es la velocidad del aire sobre el cuerpo humano, de aquí surge la necesidad de contar con métodos de cálculos que permitan obtener velocidades de aire interior.

Además de la velocidad del aire, otro factor importante son los patrones de flujo, es decir, el tipo de abertura a utilizar ya que estas determinaran los distintos patrones de flujo. La clave está en seleccionar tipos de ventanas que dirijan el caudal de aire hacia las personas, para obtener un máximo de eficiencia en el refrescamiento pasivo, por ejemplo, en un aula debería ingresar a la altura de una persona sentada, mientras que para un dormitorio el aire debería dirigirse hacia el suelo.

#### 1.1.17.6 Aire seco y aire húmedo

Se denomina aire seco a aquel desprovisto de toda humedad, es decir que el contenido de vapor de agua es nulo. Se puede considerar que el aire seco se comporta como un gas perfecto por lo tanto:

$$PV = RT$$

Donde  $T$  es la temperatura absoluta en  $\text{K}$  y  $R$  es la constante de los gases, esta es la ecuación del gas perfecto.

En cambio, aire húmedo es aquel que contiene una cantidad variable de vapor de agua. Aún con igual cantidad de gramos de vapor de agua, el aire puede tener distintos grados de humedad, en porcentajes que varían en función de la temperatura. Por tanto, el aire húmedo es una mezcla binaria de aire seco y vapor de agua, que puede contener cantidades variables de vapor de agua desde cero hasta 100%. Bajo estas condiciones el aire ya no se comporta como un gas perfecto, pero entre los  $-50^{\circ}\text{C}$  y los  $50^{\circ}\text{C}$ , la diferencia con un gas perfecto es de un 5%.

En un proceso muy común, como la respiración, el contenido de humedad del aire se ve sometido a distintos procesos físicos. Así, el aire que respiramos se calienta dentro del organismo hasta unos  $35^{\circ}\text{C}$  y aumenta su humedad hasta el 95%. En este proceso las personas entregan de 33 a 36 gramos de vapor de agua en la respiración.

Cuando el contenido de humedad llega a cierto límite, variable con la temperatura, el vapor de agua se condensa y se dice que el aire está saturado. La saturación depende de la temperatura del aire y de la tensión de vapor de agua. Para que el aire a  $100^{\circ}\text{C}$  se sature, la tensión de vapor de agua debe ser de 760 mm de columna de mercurio. En la tabla 1.3 se muestra la presión de saturación para distintas temperaturas de aire.

| <b>T (<math>^{\circ}\text{C}</math>)</b> | <b>Presión (mmHg)</b> |
|--|-----------------------|
| 0.00                                     | 4.60                  |
| 20.00                                    | 17.50                 |
| 40.00                                    | 55.30                 |
| 60.00                                    | 149.00                |
| 80.00                                    | 355.00                |
| 100.00                                   | 760.00                |
| 40.00                                    | 55.30                 |
| 60.00                                    | 149.00                |
| 80.00                                    | 355.00                |
| 100.00                                   | 760.00                |

**Tabla 1.3 Presión de saturación en función de la temperatura**

### 1.1.17.7 Propiedades del aire húmedo – Carta sicrométrica

Las propiedades físicas básicas del aire están dadas por su densidad  $\rho$  ( $\text{kg/m}^3$ ), el poder calorífico o calor específico a presión constante  $C_p$  ( $\text{kJ/g } ^\circ\text{K}$ ), su conductividad térmica  $k$  ( $\text{W/mK}$ ), la viscosidad cinemática  $\mu$  ( $\text{kg/m s}$ ) y la viscosidad dinámica  $\nu$  ( $\text{m}^2/\text{s}$ ). A continuación en la tabla 1.4 se presentan algunos valores de dichas propiedades a presión atmosférica para un rango de temperaturas ambiente. Todas estas magnitudes dependen de la temperatura y de la presión del aire.

| $T$<br>(K) | $\rho$<br>( $\text{kg/m}^3$ ) | $C_p$<br>( $\text{kJ/kgK}$ ) | $\mu$<br>( $\text{kg/m s}$ ) | $\nu$<br>( $\text{m}^2/\text{s}$ ) | $k$<br>( $\text{W/mK}$ ) | $\alpha$<br>( $\text{m}^2/\text{s}$ ) | Pr    |
|------------|-------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------------|--------------------------|---------------------------------------|-------|
| 250        | 1.4128                        | 1.0053                       | $1.488 \times 10^{-5}$       | $9.49 \times 10^{-6}$              | 0.02227                  | $0.1315 \times 10^{-4}$               | 0.722 |
| 300        | 1.1774                        | 1.0057                       | $1.983 \times 10^{-5}$       | $15.68 \times 10^{-6}$             | 0.02624                  | $0.2216 \times 10^{-4}$               | 0.708 |
| 350        | 0.998                         | 1.0090                       | $2.075 \times 10^{-5}$       | $20.76 \times 10^{-6}$             | 0.03003                  | $0.2983 \times 10^{-4}$               | 0.697 |

Tabla 1.4 Propiedades del aire seco puro a presión atmosférica para temperaturas entre 250° y 350°K (temperaturas ambientales).

Para el rango de temperaturas ambiente, se puede considerar que estas propiedades físicas del aire varían linealmente con la temperatura de la siguiente forma:

$$\text{Viscosidad: } \eta = [1.983 + 0.00184(T_c - 27)] \times 10^{-5}$$

## 1.2 VARIABLES FÍSICAS QUE PUEDEN SER CONTROLADAS

### 1.2.1 CONTROL DE TEMPERATURA

#### 1.2.1.1 Control SI-NO

La selección del control de temperatura correcta para una aplicación dada, depende del grado de control requerido por la aplicación. La solución más simple que puede necesitar una aplicación dada puede solucionarse con lo que se llama control sí-no (on-off). El control sí-no trabaja como el termostato del hogar, o sea la salida del control es 100 % sí o 100 % no. La sensibilidad del control sí-no (también llamado “histéresis” o “banda muerta”) se diseña de modo que la salida no cambie de sí a no demasiado rápido. Si el rango de histéresis es muy angosto,

habrá una conmutación demasiado rápida que se conoce como traqueteo. Este traqueteo hace que los contactos de los contactores y elementos calefactores tengan una vida más corta. Entonces la histéresis deberá ajustarse de modo que haya un retardo suficiente entre los modos “sí” y “no”. Debido a la necesidad de esta histéresis habrá siempre lo que se llama “overshoot” y “undershoot”. El “overshoot” es la magnitud en que la temperatura rebasa a la del setpoint, el “undershoot” es lo contrario. Vea la figura 1.33. Debido a la histéresis necesaria, esta oscilación de temperatura estará siempre presente, la magnitud de esta oscilación dependerá de las características del sistema térmico en cuestión.



Fig. 1.33 Curva Temperatura Vs. Tiempo con Acción de Banda Proporcional

#### 1.2.1.2 Proporcional en el tiempo

Hay procesos que necesitan un control más preciso que la que puede dar el sistema sí-no. Un control proporcional en el tiempo, trabaja de la misma manera como el control sí-no mientras la temperatura del proceso está por debajo de lo que se llama la banda proporcional. Esta banda proporcional es el lugar debajo del setpoint en el cual el control proporcional comienza a actuar o sea que la proporción entre sí y no comienza a cambiar. En la parte baja de la banda proporcional, el tiempo sí es mucho mayor que el tiempo no. A medida que la temperatura se aproxima al setpoint, el tiempo sí disminuye y el tiempo no aumenta. Esto cambia la potencia efectiva y ocasiona una disminución en la velocidad a la cual la temperatura del proceso aumenta. Esta acción continúa ya que se estabiliza en algún lugar debajo del setpoint. En este punto se obtiene el control. Esta diferencia entre el punto de control y el setpoint se llama “droop” (caída). (Figura 1.34).

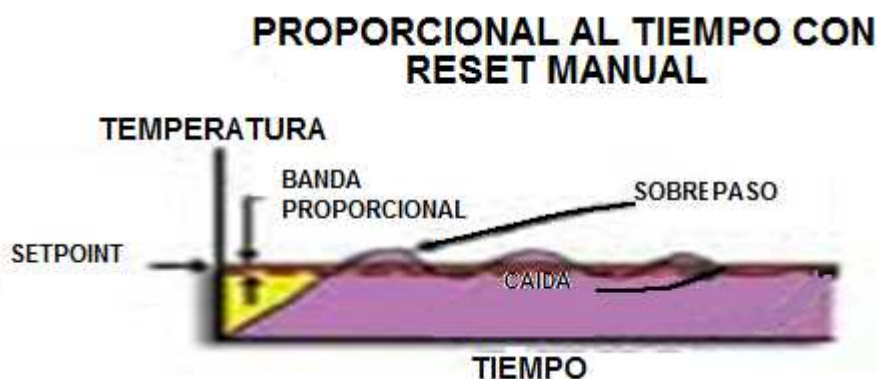


Fig. 1.34 Curva Temperatura Vs Tiempo Simple

### 1.2.1.3 Ajustes de los sistemas de control

#### 1.2.1.3.1 Controles sí-no

El ajuste de los sistemas sí-no consiste en el ajuste de la histéresis variando los puntos en los cuales el control se hace “sí” o “no”.

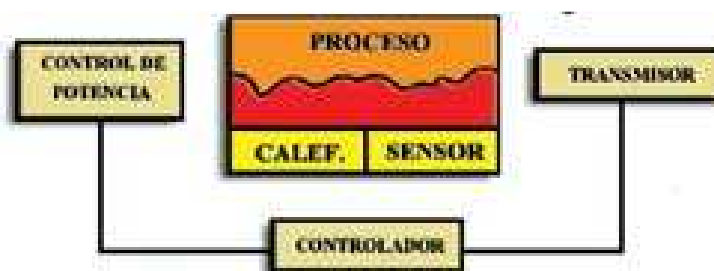


Fig. 1.35 Diagrama de bloques de un control en Lazo Cerrado

Si el control tiene reset automático, se ajusta el mismo a su inicio de modo que halla el mínimo número de repeticiones por minuto para permitir el equilibrio del sistema. En otras palabras se ajusta el auto reset en pequeños pasos, permitiendo que el sistema se equilibre después de cada paso, hasta que empiecen pequeñas oscilaciones. Luego se retrocede con el ajuste hasta que las oscilaciones se detengan y se restablezca el equilibrio. En este punto el sistema se ajustará automáticamente para los errores de caída.

El último parámetro de control para ajustar es la función derivada. Siempre se debe ajustar esta función a lo último. Si este ajuste se hace antes del reset, éste se irá de límites, y habrá que comenzar todo el proceso nuevamente.



La función del ajuste derivado es reducir en todo lo posible cualquier sobrepaso de temperatura. El ajuste derivado es uno basado en el tiempo medido en minutos sintonizado para trabajar con el tiempo de respuesta del conjunto del sistema.

El ajuste inicial deberá ser la mínima cantidad de minutos posible. Se aumenta el ajuste en muy pequeños incrementos. Después de cada ajuste se debe esperar hasta que se equilibre. Luego se incrementa el setpoint en una magnitud moderada. Vigile la acción del control cuando se llega al setpoint. Si existe un sobrepaso, se aumenta la acción derivada en una pequeña cantidad y se repite el procedimiento hasta que el sobrepaso se elimina. Algunas veces el sistema se hace lento y nunca llega al setpoint. Si esto ocurre, disminuya el ajuste derivado hasta que el proceso llega al setpoint.

#### 1.2.1.4 **Autoajuste**

El ajuste de todos los parámetros de control no es simple. La tecnología moderna ha permitido el desarrollo del autoajuste. La mayoría de los fabricantes ofrecen controles de temperatura de simple lazo con la opción del ajuste de parámetros en forma automática, lo que elimina los inconvenientes del ajuste manual. La mayoría operan sobre un sistema analizando el ciclo de comienzo desde el inicio hasta que llega al setpoint. Luego, aprendiendo de la respuesta característica del primer ciclo, se ajusta a sí mismo en forma óptima de acuerdo a la información del primer ciclo. La función de autoajuste continúa aprendiendo de los ciclos subsiguientes y reajusta los parámetros hasta que se consigue un control PID óptimo.

#### 1.2.1.5 **Sensores de temperatura**

Para la medida de temperatura los diferentes sistemas recurren a termostatos (detectores de tipo todo/nada que abren o cierran un contacto cuando el margen de temperatura ha sido superado) o bien a sensores o sondas de temperatura cuya señal eléctrica de salida (analógica o digital) es proporcional al valor de la temperatura real.

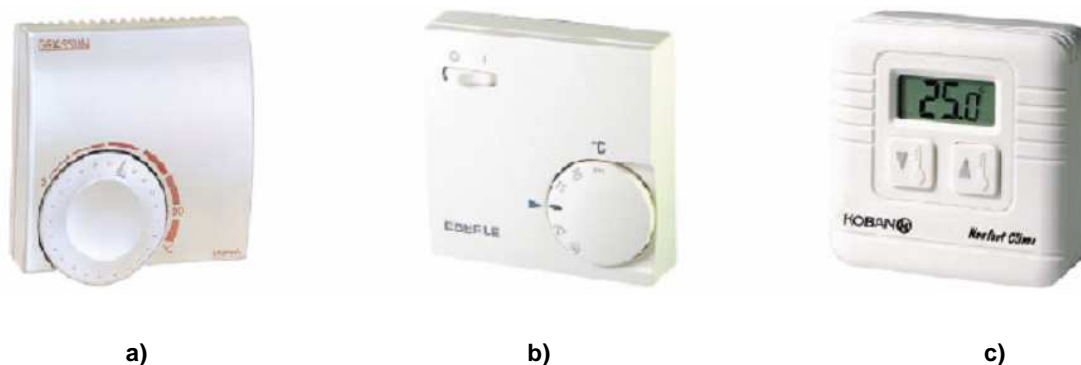


Fig. 1.36 Sensores de temperatura: a) Convencional, b) Con interruptor on/off, c) Configuración e indicación mediante pantalla LCD

Existen en el mercado algunos modelos de termostato que incluyen también el actuador, consistente en una válvula para un radiador convencional, permitiendo el control de temperatura de forma efectiva. Estos termostatos pueden estar integrados con un sistema domótico vía radiofrecuencia.



- Termostato electrónico regulable de radiador.
- Actuación directa y/o mediante programación horaria y/o Lifestyles.
- Comunicación de estado en display.
- Funcionamiento con pilas.
- Temperatura perfecta en cada habitación y ahorro energético.

Fig. 1.37 Módulo de radiador HR50 con sus características principales

|  |  |
|--|--|
| <p>The image shows a digital radiator module with a small LCD screen displaying '25.0' and several control buttons. The brand name 'HOBAN' is visible on the device.</p> | <p><b>CARACTERÍSTICAS:</b></p> <p>Conexión a 2 hilos, sustituyendo a un termostato convencional.</p> <p>Tres niveles de temperatura.</p> <p>Programación digital.</p> <p>Válido para control de calefacción o aire acondicionado (selector manual bajo el display).</p> <p>Programación diaria o semanal, independiente o por bloque de días.</p> <p>Seis programas estándar preestablecidos, modificables por el usuario.</p> <p>Indicación permanente de la hora y la temperatura ambiente.</p> <p>Indicador de pilas agotadas.</p> <p>Alimentación con pilas alcalinas 2 x LR 6 / AA.</p> <p>Capacidad de contacto 5 (3) A / 250 VAC.</p> |
|--|--|

Fig. 1.38 Cronotermostato y sus características principales

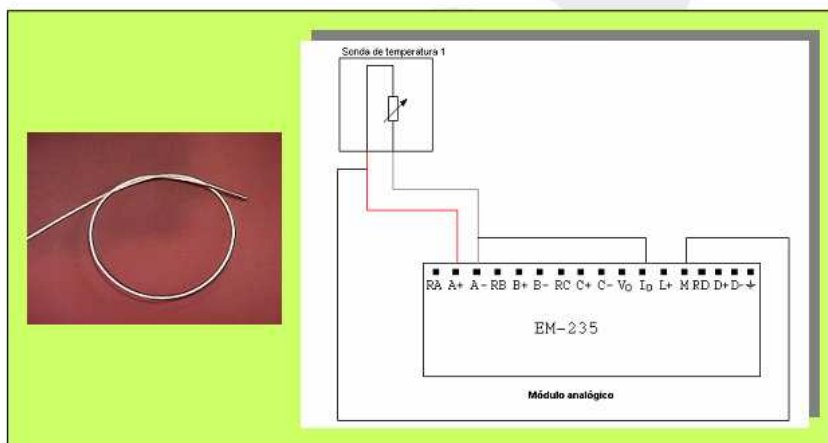


Fig. 1.39 Sonda PT-100 y conexión a controlador

## 1.2.2 CONTROL DE PRESENCIA

### 1.2.2.1 Radiación infrarroja

La radiación infrarroja existe en el espectro electromagnético en una longitud de onda más larga que luz visible. No puede ser visto sino que puede ser detectado. Los objetos que generan calor también generan radiación infrarroja y estos objetos incluyen los animales y el cuerpo humano. El infrarrojo en esta gama no pasará totalmente a través de muchos tipos de material por los que pasa la luz visible tal como cristal y plástico. No obstante pasará una parte con cierta atenuación. Una oblea de silicio sin procesar hace una buena ventana IR.

### 1.2.2.2 Sensor Piroeléctrico

El sensor piroeléctrico se hace de un material cristalino que genere una carga eléctrica superficial cuando está expuesto al calor en la forma de radiación infrarroja. Cuando la cantidad de radiación que recibe cambia, la cantidad de la carga también y se puede medir con un FET.

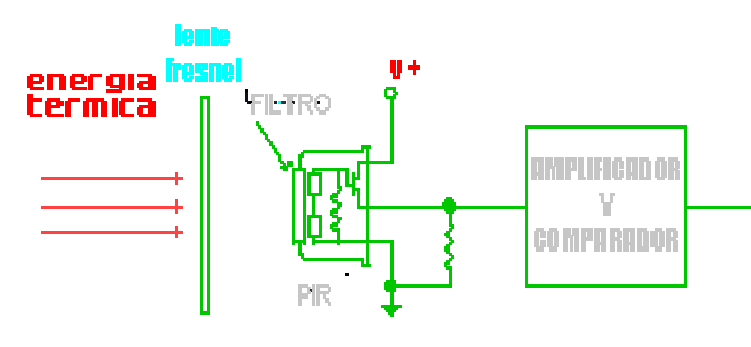


Fig. 1.40 Funcionamiento de un sensor PIR

Los sensores de movimiento PIR tienen más rango de acción pero son afectados por cambios de temperatura y no se pueden instalar en el exterior.

El amplificador es un filtro activo pasabajo de 10Hz para rechazar ruido de alta frecuencia y es seguido por un comparador de la ventana que responde a las transiciones positivas y negativas de la señal de salida del sensor.

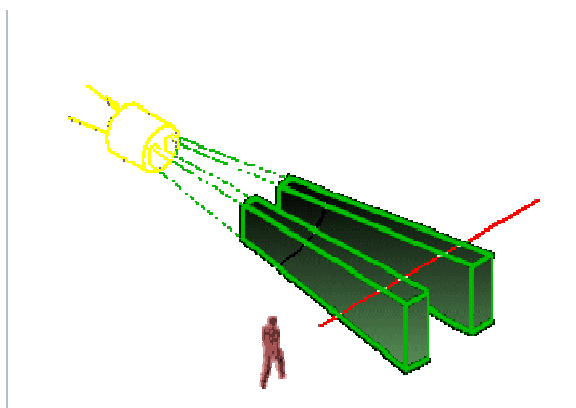


Fig. 1.41 Campo de detección de un sensor PIR

El sensor PIR tiene dos elementos de detección conectados en una configuración tal que cancela las señales causadas por la vibración, los cambios de temperatura y la luz del sol. Un cuerpo que pasa delante del sensor activará este mientras que otras fuentes afectarán ambos sensores simultáneamente y serán canceladas. La fuente de la radiación debe pasar a través de los 2 sensores en forma secuencial.

### 1.2.2.2.1 Lente De Fresnel

Un lente de Fresnel es un lente plano-convexa que se ha derrumbado en sí mismo para formar una lente plana que conserva sus características ópticas pero es mucho más pequeña en grueso y por lo tanto que tiene menos pérdidas por absorción.

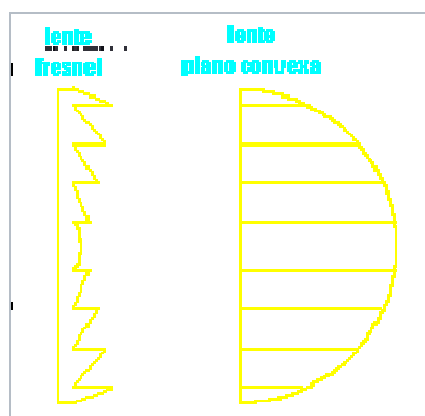


Fig. 1.42 Forma y estructura de lentes.

Un efecto similar se puede lograr con dos celdas fotoeléctricas comunes y más baratas y fáciles de conseguir

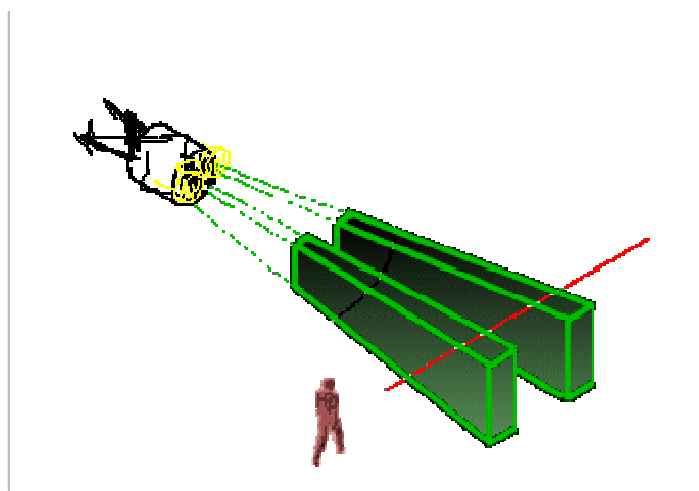


Fig. 1.43 Sensor PIR con variación de dos celdas fotoeléctricas comunes

### 1.2.2.3 Sensores de presencia

#### 1.2.2.3.1 Sensor Infrarrojo Reflexivo IS471F

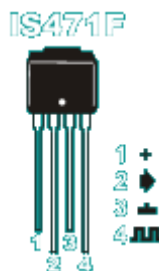


Fig. 1.44 Sensor de presencia reflexivo IS471F

Sensor basado en el dispositivo SHARP IS471F inmune a interferencias de luz normal. Este sensor incorpora un modulador/demodulador integrado en su carcasa y a través de su patilla 4 controla un diodo LED de infrarrojos externo, modulando la señal que este emitirá, para ser captada por el IS471F que contiene el receptor. Cuando un objeto se sitúa enfrente del conjunto emisor/receptor parte de la luz emitida es reflejada y demodulada para activar la salida en la patilla 2 que pasará a nivel bajo si la señal captada es suficientemente fuerte.

El uso de luz IR modulada tiene por objeto hacer al sensor relativamente inmune a las interferencias causadas por la luz normal de una bombilla o la luz del sol.

Su funcionamiento como puede verse en el esquema, el sensor se alimenta por sus patitas 1 y 3 y estas corresponden a Vcc y Gnd respectivamente, la patita 2 es la salida del detector y la patita 4 es la salida que modula al led emisor externo. Mediante el potenciómetro P1 se varía la distancia a la que es detectado el objeto. Contra más baja sea la resistencia de este potenciómetro, más intensa será la luz emitida por el diodo de IR y por lo tanto mayor la distancia a la que puede detectar el objeto.

En el siguiente esquema vemos el simple circuito necesario para hacer funcionar al sensor.

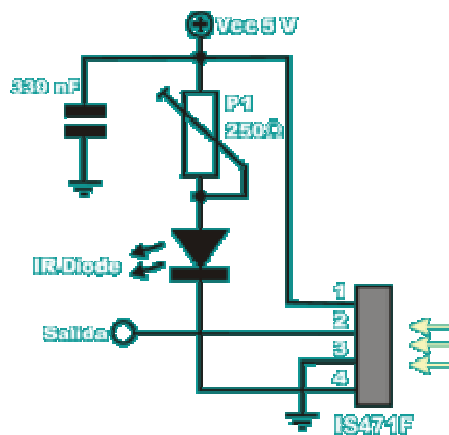


Fig. 1.45 Circuito para sensar presencia con el sensor IS471F

En sus usos más frecuentes son para detección de obstáculos por reflexión y detección de oponentes en combates de sumo.

#### 1.2.2.3.2 Reflexivo CNY70

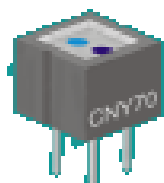


Fig. 1.46 Sensor reflexivo CNY70

El CNY70 es un pequeño dispositivo con forma de cubo y cuatro patitas que aloja en su interior un diodo emisor de infrarrojos que trabaja a una longitud de onda de 950 nm. y un fototransistor (recetor) estando ambos dispuestos en paralelo y apuntando ambos en la misma dirección, la distancia entre emisor y receptor es de 2.8 mm. y están separados del frontal del encapsulado por 1 mm.

En la siguiente figura vemos la disposición interna del CNY70 mirando el encapsulado desde arriba, así pues tenemos el diodo emisor de infrarrojos a la izquierda y el fototransistor a la derecha.

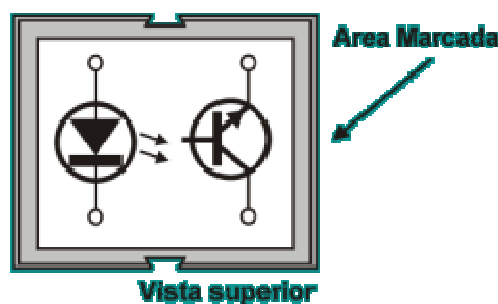


Fig. 1.47 Esquema interno de un sensor CNY70

En su funcionamiento, el fototransistor conducirá más, contra más luz reflejada del emisor capte por su base. La salida de este dispositivo es analógica y viene determinada por la cantidad de luz reflejada, así pues para tener una salida digital se podría poner un disparador Trigger Schmitt y así obtener la salida digital pero esto tiene un problema, y es que no es ajustable la sensibilidad del dispositivo y los puntos de activación de histéresis distan algunos milivoltios uno del otro (ver explicación en el esquema de la LDR). Para solventar este problema muestro el siguiente circuito basado en un amplificador operacional configurado en modo comparador, en la salida del circuito obtendremos una señal cuadrada lista para su interconexión con la entrada de cualquier  $\mu$ Controlador.

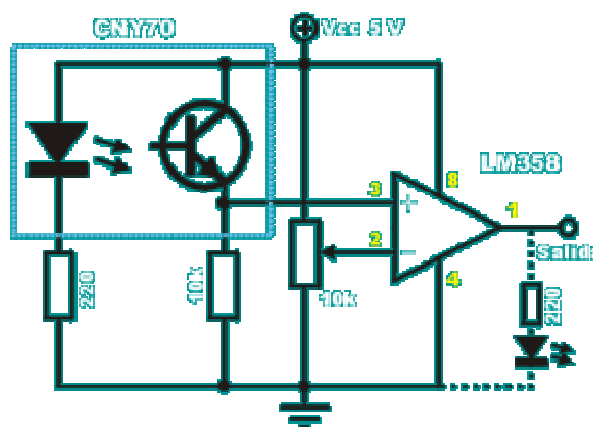


Fig. 1.48 Circuito para sensor presencia con el sensor CNY70



### 1.2.2.3.3 Reflexivo GP2Dxx



Fig. 1.49 Sensor reflexivo GP2Dxx

El sensor GP2DXX de sharp es un dispositivo de reflexión por infrarrojos con medidor de distancia proporcional al ángulo de recepción del haz de luz que incide en un sensor lineal integrado, dependiendo del modelo utilizado, la salida puede ser analógica, digital o booleana.

En su funcionamiento, el dispositivo emite luz infrarroja por medio de un led emisor de IR, esta luz pasa a través de una lente que concentra los rayos de luz formando un único rayo lo más concentrado posible para así mejorar la directividad del sensor, la luz va recta hacia delante y cuando encuentra un obstáculo reflectante rebota y retorna con cierto ángulo de inclinación dependiendo de la distancia, la luz que retorna es concentrada por otra lente y así todos los rayos de luz inciden en un único punto del sensor de luz infrarroja que contiene en la parte receptora del dispositivo. Este sensor es un CCD lineal y dependiendo del ángulo de recepción de la luz incidirá esta en un punto u otro del sensor pudiendo de esta manera obtener un valor lineal y proporcional al ángulo de recepción del haz de luz.

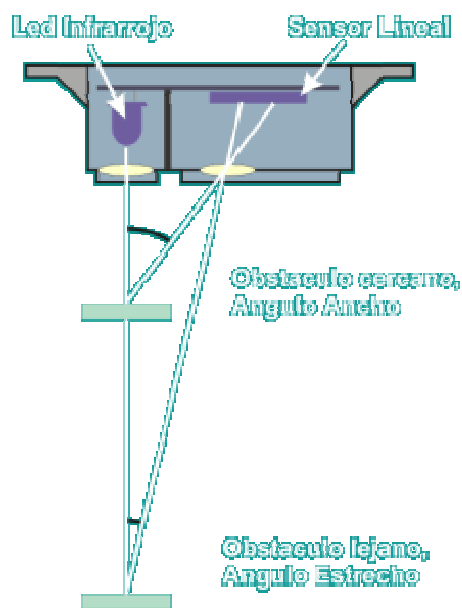


Fig. 1.50 Funcionamiento de un sensor reflexivo GP2Dxx

Dependiendo del modelo elegido leeremos de una manera u otra la salida de este con lo cual tendremos que remitirnos al datasheet del modelo elegido para ver su funcionamiento interno.

En los modelos analógicos la salida es un voltaje proporcional a la distancia medida.

En los modelos digitales la lectura será de 8 bits serie con reloj externo.

En los modelos Booleanos la salida será de 1 bit y este marcará el paso por la zona de histéresis del sensor con lo cual solo tendremos una medición de una distancia fija.

Debido a su gran rango de medida este sensor es adecuado para detectar obstáculos reflectantes como paredes, usados en robots de exploradores para los de laberintos entre otros.

Existen gran cantidad de dispositivos en el mercado para detectar presencia de personas, con el objetivo de cubrir funciones de seguridad patrimonial y/o para automatizar otras funciones como iluminación.

Sus funcionalidades son:

- Iluminación de acceso a viviendas, portales y locales públicos.
- Alumbrado de escaleras, pasillos y recibidores
- Conexión y desconexión de luces en garajes, almacenes y naves industriales
- Accionamiento de timbres, extractores, bombas de agua, etc.
- Seguridad activa en detección de intrusión, aviso y actuación.

Los tipos más frecuentes son:

- Volumétricos: interior (pared, techo, empotrado,...)
- Perimétricos: exterior.



Fig. 1.51 Detector de presencia volumétrico para colocación de pared y sus características principales

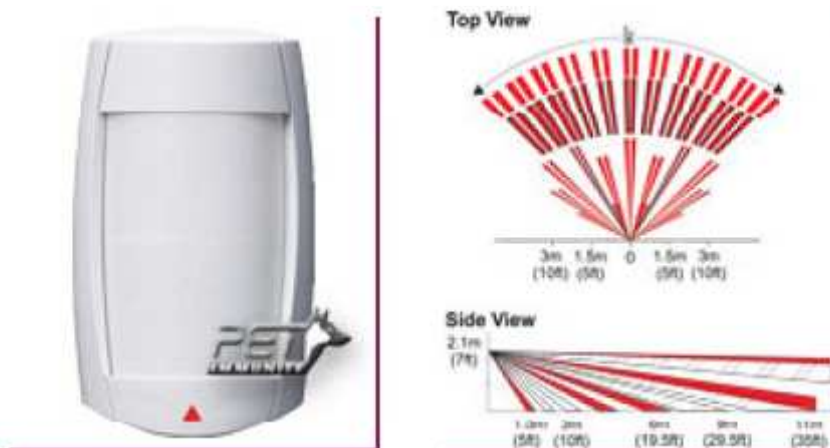


Fig. 1.52 Sensor de presencia de animales pequeños y sus rangos de detección

|   |  |
|---|--|
| <p><b>Detector de movimiento techo. 360°</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Sensor IR pasivo.</li> <li>✓ Ángulo de detección 360°.</li> <li>✓ Diámetro de detección 7 metros.</li> <li>✓ Alimentación: <ul style="list-style-type: none"> <li>- 90 a 270 AC RMS.</li> <li>- 12VDC.</li> </ul> </li> <li>✓ Consumo en reposo: 17mA a 12V.</li> <li>✓ Salida de Relé: Contacto N.A.</li> <li>✓ Tiempo salida ajustable: de 1 a 30 minutos.</li> <li>✓ Protección contra: RFI/EMI</li> <li>✓ Montaje adosado en techo.</li> <li>✓ Dimensiones: 12 x 3 cm.</li> </ul> |  |
|---|--|

Fig. 1.53 Detector de presencia volumétrico para colocación de techo y sus rangos de detección

|  |  |
|--|--|
| <p><b>Detector de movimiento.</b><br/><b>Reducidas dimensiones</b></p> <p>Este sensor de presencia volumétrico, detecta cualquier movimiento o presencia de cuerpos emisores de radiación infrarroja. Su sensor altamente integrado y de reducidas dimensiones hace posible la detección de movimiento a más de 4 metros de distancia. Ha sido diseñado para poder ser integrado en cualquier tipo de mecanismo del mercado.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Medidas Reducidas: 48mm x 24mm x 15mm.</li> <li>✓ Alimentación: 12 V cc.</li> <li>✓ Consumo <u>Max</u>: 10mA.</li> <li>✓ Salida Relé <u>N.C.</u></li> <li>✓ Detección: Presencia Infrarrojos pasivo.</li> <li>✓ Alcance 4 metros.</li> </ul> |  |
|--|--|

Fig. 1.54 Detector de presencia volumétrico para colocación en mecanismo y sus características principales.

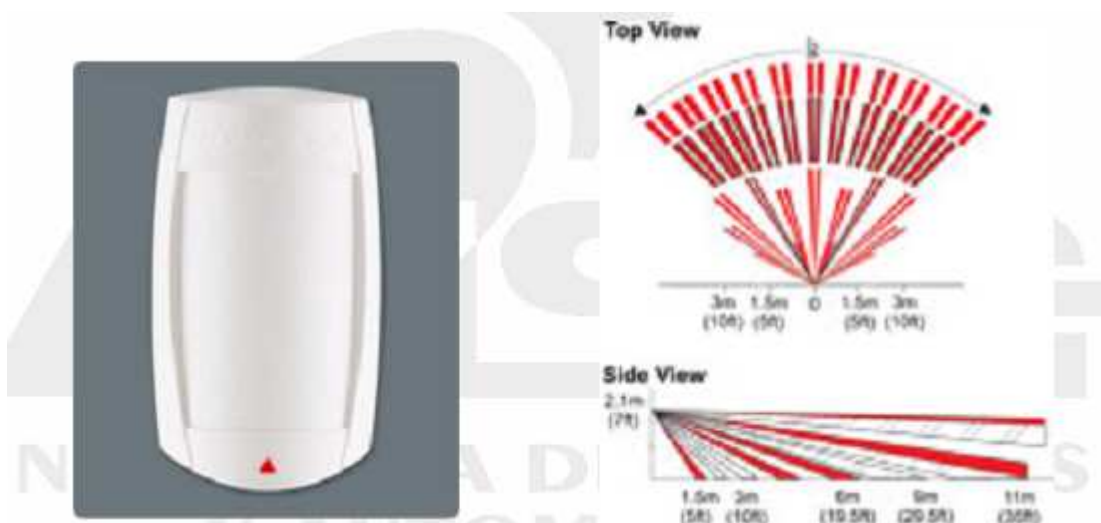


Fig. 1.55 Detector de presencia volumétrico inmune a mascotas y sus rangos de detección

|   |   |
|---|---|
|   | <p>Ángulo de cobertura de 300°, para montaje en esquinas y vigilancia de dos fachadas. Dispone de tres sectores selectivos de 100° cada uno, que pueden regularse independientemente.</p> |
|  | <p>Ángulo de cobertura de 360°, con 30 m. de largo y 20 de ancho.</p>   |
|  | <p>Ángulo de cobertura 180°, regulable de 5-1000 lux y retardo de tiempo. Para montaje en pared.</p>  |

Fig. 1.56 Detectores de presencia perimétricos y características principales

## 1.2.3 CONTROL DE PROXIMIDAD

### 1.2.3.1 Sensores de proximidad inductivos

Los sensores de proximidad inductivos son dispositivos de estado sólido diseñados para detectar objetos metálicos. Con una correcta instalación, esta tecnología sin contactos junto con la ausencia de partes móviles hace que los sensores de proximidad inductivos no estén sujetos a daños ni desgaste mecánicos. Además, funcionan bien en ambientes muy sucios, en los cuales no

se ven afectados por la acumulación de contaminantes tales como polvo, grasa, aceite u hollín en la cara de detección. Esto hace de la tecnología inductiva un candidato ideal para aplicaciones industriales intensas.

Los sensores de proximidad inductivos operan según el principio del oscilador neutralizado de corrientes parásitas (ECKO, Eddy Current Killed Oscillator). Estos sensores están diseñados para generar un campo electromagnético. Cuando un objeto metálico entra en este campo, se inducen corrientes de superficie (corrientes parásitas) en el objeto metálico, las cuales restan energía al campo electromagnético, dando lugar a una pérdida de energía en el circuito del oscilador y, por tanto, a una reducción de la amplitud de la oscilación. El circuito activador detecta este cambio y genera una señal de encendido o apagado. Cuando el objeto sale del campo electromagnético, el oscilador se regenera y el sensor vuelve a su estado normal.

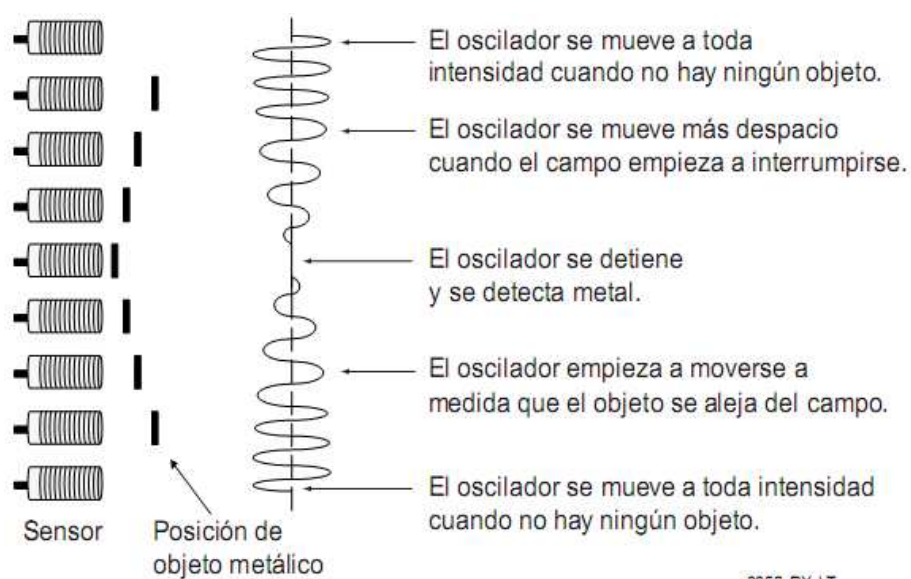


Fig. 1.57 Funcionamiento de un sensor de proximidad inductivo.

Los sensores de proximidad inductivos detectan tanto metales férricos (que contienen hierro) como no férricos. Generalmente, estos dispositivos se utilizan para detectar la posición de objetos metálicos en procesos de maquinado automatizado, o bien para detectar piezas metálicas en procesos de montaje



automatizado y en operaciones de detección de presencia de envases metálicos en procesos automatizados de envasado de alimentos o bebidas.

### 1.2.3.2 Sensores de proximidad capacitivos

Los sensores capacitivos permiten detectar objetos metálicos y no metálicos, sólidos y líquidos, si bien son más apropiados para detectar objetos no metálicos debido a sus características y costo en comparación con los sensores de proximidad inductivos. En la mayoría de las aplicaciones con objetos metálicos es preferible usar sensores inductivos por su confiabilidad y asequibilidad.

Los sensores de proximidad capacitivos son similares a los inductivos en cuanto a su tamaño, forma y "concepto". Sin embargo, a diferencia de estos últimos que utilizan campos magnéticos para detectar objetos, los sensores de proximidad capacitivos reaccionan a alteraciones en campos electrostáticos. La sonda situada detrás de la cara del sensor es una placa condensadora. Al aplicar corriente al sensor, se genera un campo electrostático que reacciona a los cambios de la capacitancia causados por la presencia de un objeto. Cuando el objeto se encuentra fuera del campo electrostático, el oscilador permanece inactivo, pero cuando el objeto se aproxima, se desarrolla un acoplamiento capacitivo entre éste y la sonda capacitiva. Cuando la capacitancia alcanza un límite especificado, el oscilador se activa, lo cual dispara el circuito de encendido y apagado.

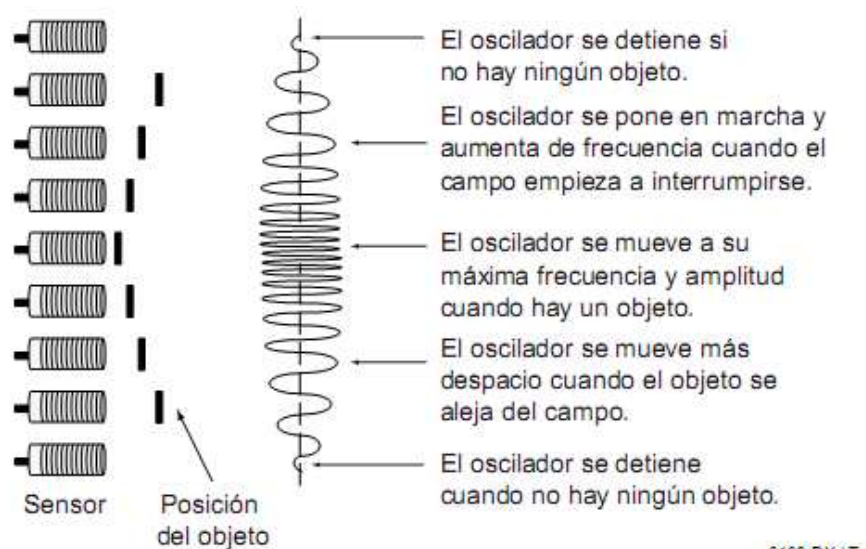


Fig. 1.58 Funcionamiento de un sensor de proximidad capacitivo.

La capacidad del sensor para detectar el objeto depende del tamaño y de la constante dieléctrica del objeto, así como de su distancia con respecto al sensor. La constante dieléctrica es una propiedad del material. Todos los materiales tienen una constante dieléctrica. Aquéllos con constantes dieléctricas más altas son más fáciles de detectar que los que tienen valores más bajos. Cuanto mayor es el tamaño o la constante dieléctrica del objeto, más fuerte es el acoplamiento capacitivo entre la sonda y el objeto. Cuanto más corta es la distancia entre el objeto y la sonda, más fuerte es el acoplamiento capacitivo entre la sonda y el objeto.

### 1.2.3.3 Sensores de proximidad ultrasónicos

Los sensores ultrasónicos emiten un pulso de sonido que se refleja en los objetos que entran en el campo de ondas. El sensor recibe el sonido, o “eco”, y genera una señal de salida, analógica o digital, que será utilizada por un accionador, un controlador o una computadora.

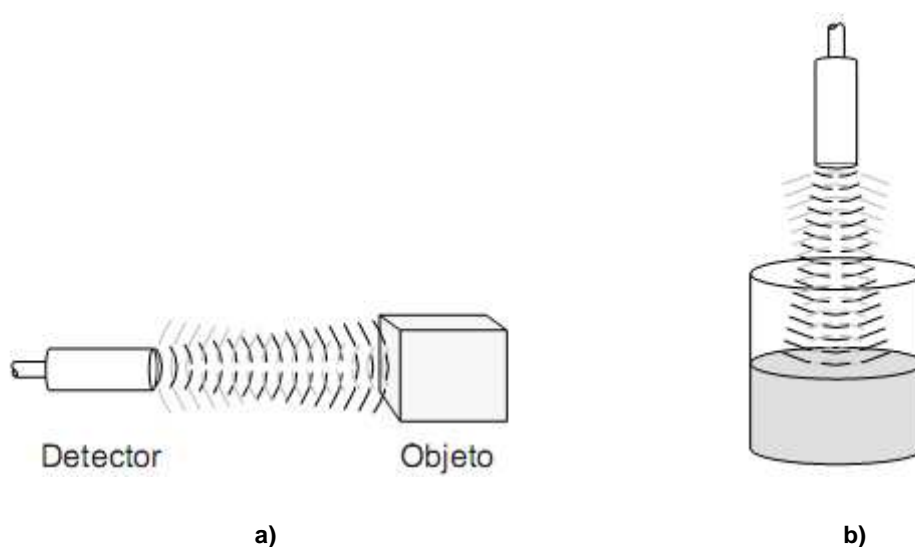


Fig. 1.59 Sensores de proximidad ultrasónicos: a) detección de sólidos, b) detección de fluidos.

La tecnología de detección ultrasónica se basa en el principio según el cual el sonido tiene una velocidad relativamente constante. El tiempo necesario para que el haz de un sensor ultrasónico llegue al objeto y vuelva es directamente proporcional a la distancia a la que se encuentra el objeto. Por ello, los sensores



ultrasónicos se utilizan a menudo para aplicaciones de medición de distancias, como por ejemplo en el control de niveles.

Los sensores ultrasónicos son capaces de detectar la mayoría de los objetos (metálicos o no metálicos, transparentes u opacos, líquidos, sólidos o granulares) que poseen una reflectividad acústica suficiente. Otra ventaja de este tipo de sensores es que se ven menos afectados por la condensación de humedad que los sensores fotoeléctricos. Uno de los inconvenientes es que la detección de los materiales que absorben el sonido, como la tela, el caucho blando, la harina y la espuma, es deficiente.

#### 1.2.3.3.1 Margen de detección y haz efectivo

El margen de detección de un sensor ultrasónico corresponde al área comprendida entre los límites de detección mínimo y máximo.

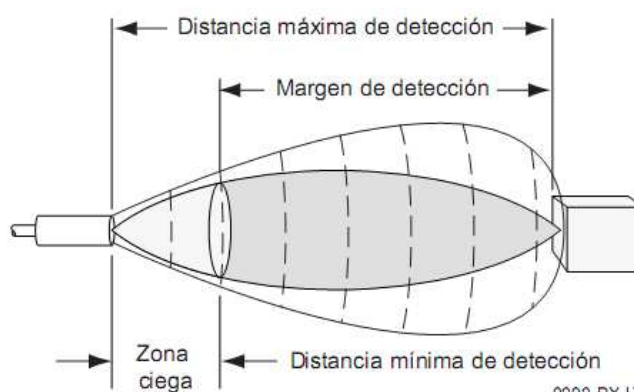


Fig. 1.60 Márgenes de detección de un sensor ultrasónico.

#### 1.2.3.3.2 Distancia de detección mínima

Los sensores de proximidad ultrasónicos tienen una pequeña área no utilizable próxima a la cara del sensor. Si el haz de ultrasonidos sale del sensor, llega al objeto y vuelve antes de que el sensor haya completado su transmisión, el sensor no recibirá el eco con precisión. Esta área no utilizable recibe el nombre de zona ciega.

El borde externo de la zona ciega corresponde a la distancia mínima a la que puede estar un objeto con respecto al sensor sin devolver ecos que sean ignorados o detectados erróneamente por el sensor.

### 1.2.3.3.3 Distancia de detección máxima

El tamaño y el material del objeto determinan la distancia máxima a la que se puede detectar el objeto. Cuanto más difícil de detectar es un objeto, más corta es la distancia de detección máxima.

Los materiales que absorben el sonido (espuma, algodón, caucho, etc.) son más difíciles de detectar que los materiales acústicamente reflectivos, como el acero, el plástico o el vidrio. Si se los logra detectar, estos materiales absorbentes pueden limitar la distancia de detección máxima.

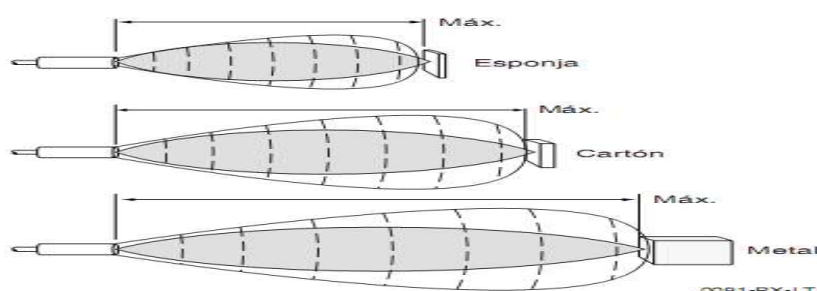


Fig. 1.61 Distancias máximas de detección de un sensor ultrasónico.

### 1.2.3.3.4 Haz efectivo

Cuando el transductor vibra, emite pulsos de ultrasonidos que se propagan en un haz cónico. Por lo general, este cono se puede ajustar por medio de un potenciómetro para así ensanchar o extender el margen de detección.

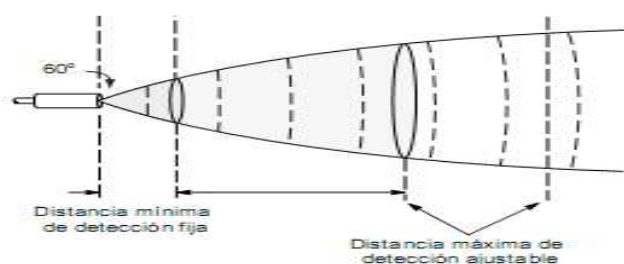


Fig. 1.62 Haz efectivo de un sensor ultrasónico.

Los fabricantes proporcionan referencias con respecto a las características de sensibilidad de sus sensores. Es necesario probar y experimentar para determinar la distancia de detección máxima.

## **CAPITULO II**

### **2 ANÁLISIS Y DISEÑO**

#### **2.1 ANÁLISIS DEL AMBIENTE A CONTROLAR**

##### **2.1.1 TEMPERATURA CONFORT EN UN DEPARTAMENTO**

Estudios realizados por diferentes investigadores (Nicol, 1972 y 1993; Brager y de Dear, 1998; Subramanyan et al., 1998), argumentan que las "Respuestas de la Sensación Térmica de los Individuos" (RSTI) dependen o están influenciadas por la consideración de los efectos reales que tiene sobre ellos: la ropa que visten, el efecto de la silla en el aislamiento de la ropa, los cambios de posturas que alteran el modelo de corriente de aire en el cuerpo, los niveles de producción metabólica como consecuencia de las actividades típicamente desempeñadas en la localidad; la variación de la sensación y respuesta térmica en función del tiempo y, las expectativas personales sobre el ambiente y el uso voluntario de controles ambientales disponibles como medios de adaptación frente a un determinado ambiente térmico.

La desconsideración de los aspectos anteriormente mencionados, se plantea como la causa fundamental en las divergencias entre la estimación del Voto Medio Previsible propuesto por Fanger (Predicted Mean Vote - PMV) y las RSTI obtenidas en los estudios de campo. En este sentido, algunas investigaciones realizadas (Nicol, 1993; Nicol y Raja, 1996; Haghghat y Donnini, 1998; Brager y De Dear, 1998), demostraron que el PMV subestima la RSTI, en tanto que se obtienen importantes diferencias y divergencias entre ellos. Para condiciones climáticas de verano, el valor del PMV generalmente se sitúa en un nivel superior en la escala de la sensación térmica. Además, otros estudios (Mallick, 1994) reportan que la aplicación del modelo de Fanger no es recomendable en condiciones climáticas con humedades relativas altas. Resultados semejantes se obtuvieron en estudios de campo realizados en Maracaibo, Venezuela (Bravo y González, 1998), donde el cálculo del PMV resulta un nivel por encima de la RSTI entre los valores -1 (ligemente con frío) y 1 (ligemente con calor) en la escala de valoración de la percepción térmica. Además, se observó que el 56% de los

individuos manifestaron sentirse confortables o próximos al confort (1 y 1) en temperaturas comprendidas entre 28°C y 32,5°C y humedades relativas entre 55% y 88%. Estos resultados confirman que las personas, que permanecen la mayor parte del tiempo en ambientes sometidos a variación libre de la temperatura, adquieren mediante procesos adaptativos, una mayor capacidad de tolerancia a altas temperaturas y humedades en comparación a otros sujetos que permanecen en otras condiciones climáticas. Bajo esta concepción de adaptación climática, este estudio de campo tiene como propósito la determinación del patrón de respuestas de la sensación térmica de un grupo de individuos que permanecen la mayor parte del tiempo en edificaciones ventiladas naturalmente. Asimismo, se persigue establecer las correlaciones entre la RSTI, la temperatura del ambiente y la estimación del PMV para los mismos individuos, a fin de establecer un modelo de confort térmico para el diseño de edificaciones adaptadas y eficientes energéticamente al combinar criterios de diseño bioclimático en un contexto cálido y húmedo.

Se descubrió que el confort óptimo se obtiene aproximadamente a 26°C (~ 78°F), durante el verano y a 25°C (~77°F), aproximadamente , en el invierno, en pruebas en que la temperatura radiante media (TRM) era igual que la del aire. Con todo, en la práctica real, es difícil conservar la TRM al nivel de la temperatura de bulbo seco.

Las temperaturas de superficie de pared son casi siempre menores o mayores que la del ambiente, dependiendo de la estación. Por lo tanto para aplicaciones de enfriamiento normal con fines de confort se recomienda 24°C (~75°F) de bulbo seco y una humedad relativa del 50% (para trabajos del tipo de oficina), con el fin de compensar los efectos de las paredes mas tibias encontradas en la práctica. En el caso del invierno, se recomienda una temperatura de bulbo seco de 24°C (~75°F).

#### 2.1.1.1 Criterio de confort

Una diferencia de temperatura demasiado alta entre la cabeza y los pies, puede causar sensación de incomodidad. Este criterio es particularmente importante en el caso de ventilación por desplazamiento, ya que ese tipo de ventilación conduce a gradientes verticales de temperatura elevados.

Caso de ventilación por desplazamiento

La potencia fría suministrada por el aire de ventilación, es dada por:

$$P = 3,6. \rho. Cp. Q. \Delta t$$

Donde:

Q (m<sup>3</sup>/h) caudal de renovación de aire,

$\rho$  (kg/m<sup>3</sup>) densidad del aire,

$\Delta T$  °C diferencia entre temperatura de extracción del aire y temperatura de impulsión,

P (W) potencia de frío

#### 2.1.1.2 Temperatura del suelo

Si el suelo está demasiado caliente o frío, puede existir sensación de incomodidad en los pies, si la persona lleva calzado ligero. Los rangos de temperatura de suelo recomendados en el proyecto de norma europea, son:

| Clase de confort               | A       | B       | C       |
|--------------------------------|---------|---------|---------|
| Rango admisible de temperatura | 19-29°C | 19-29°C | 17-31°C |

Tabla 2.1 Temperaturas admisibles de confort.

Aunque este criterio se aplica principalmente a suelos calientes o fríos, conviene tenerlo presente al pensar en techos radiantes. De hecho, los intercambios por radiación entre suelo y techo, son potencialmente susceptibles de llevar al suelo a temperaturas no confortables, especialmente en casos de suelos de gran superficie, de suelos con revestimiento aislante, o en modo frío, si existe a la vez un sistema de ventilación forzada a baja temperatura.

La definición del confort térmico nos refiere el bienestar físico y de comodidad de un individuo cuando las condiciones del ambiente como la temperatura, la humedad y el movimiento del aire son favorables. Se ha determinado que la mayoría de las personas se siente confortable cuando la temperatura oscila entre 21° C y 26° C, y la humedad relativa entre 30% y 70%. Estos valores se aplican cuando las personas están vestidas con ropa ligera, a la sombra y relativamente inactivas. La temperatura interna es equilibrada y constante alrededor de los 37°C, para ello el cuerpo humano libera el calor en exceso, si existe alguna fuente externa que aporta tiene que disiparlo por convección, radiación, evaporación y conducción.

- Convección. (Cv): Transmisión de calor del organismo al aire en contacto con la piel. Al aumentar la velocidad del aire aumenta la convección.
- Radiación. (R ): Es la transferencia de calor entre el cuerpo y las superficies que le rodean a través del ambiente. Depende de la temperatura del cuerpo y la de las superficies.
- Evaporación. (E): Es la transferencia de calor del cuerpo hacia el aire. Se debe al proceso de respiración y transpiración y el sudor de la piel. Depende de la humedad del aire, de la humedad que existe para evaporar y de la velocidad del aire.
- Conducción. (Cd): Se debe a la transmisión de calor entre el cuerpo y los objetos que están en contacto con la piel.

El exceso de calor, sea proveniente del ambiente o generado por el propio metabolismo, debe ser eliminado para mantener una temperatura constante en el cuerpo y asegurar el confort térmico. El equilibrio se logra en presencia de elementos y factores diversos como la temperatura del aire, la temperatura de las superficies circundantes, la producción de calor, el efecto de aislamiento de la ropa, etc. Cuando el cuerpo está en equilibrio térmico, la persona no reconoce las condiciones del medio, no siente ni frío ni calor, lo cual le permite realizar cualquier actividad sin molestia alguna. La Arquitectura tiene que crear ambientes favorables para la recuperación de la fatiga diaria. Se ha hecho investigaciones recientes por la American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers (ASHRAE) que indican que los usuarios de edificaciones ventiladas

naturalmente se sienten confortables en un mayor rango de condiciones de temperatura y humedad, que la gente habituada al aire acondicionado. El confort percibido en edificios ventilados naturalmente se ve afectado por las expectativas climáticas locales y mayores niveles de control personal, debido a que los ocupantes tienen la opción de seleccionar la ropa apropiada, abrir las ventanas o encender los ventiladores, con un consumo mínimo de energía. Las reacciones de confort o incomodidad térmica vienen dadas por las condiciones climáticas. Estas condiciones climáticas están dadas por la ubicación geográfica, y pueden categorizarse en condiciones macroclimáticas y microclimáticas. Las condiciones macroclimáticas se originan por la pertenencia a una latitud y región determinada, y las variables ambientales. Las condiciones microclimáticas surgen de la existencia de accidentes geográficos locales que pueden modificar las anteriores condiciones de forma significativa.

Para el confort son necesarios tres parámetros: temperatura, grado de humedad y renovación. Dicho esto, se podría considerar para los cálculos el solicitar 20/21 °C para el comedor. 16/18°C para las habitaciones, y 16°C para almacenes. Estas temperaturas de cálculo serán como punto de partida. Será en el momento de poner en marcha la calefacción cuando se puede dar cuenta una persona de su sensación de confort. Hay usuarios que a 18°C en el comedor están de maravilla y otros que necesitan 22°C para sentirse cómodos. La única cosa cierta es que a partir de los 21°C los consumos se incrementan en proporción geométrica.

De forma general se aconseja para confort:

|  | VERANO       |        |          |        | INVIERNO |        |
|--|--------------|--------|----------|--------|----------|--------|
|  | Gran confort |        | Práctica |        | T<br>°C  | φ<br>% |
|  | T<br>°C      | φ<br>% | T<br>°C  | φ<br>% |          |        |
| Confort general                        | 22-24        | 45-50  | 24       | 55     | 21       | 35     |
| Tiendas comer.                         | 23-25        | 45-50  | 24       | 55     | 20       | 35     |
| Aplicaciones con carga latente elevada | 24-26        | 55-60  | 25       | 60     | 20       | 40     |

Tabla 2.2 Condiciones interiores de confort.

Según se ha visto para tener un ambiente de confort en una vivienda se necesita controlar la temperatura y la humedad, pero en este proyecto solo nos dedicaremos al control de la temperatura únicamente cuando hay presencia de personas; dejando el control de humedad para posteriores proyectos.

### 2.1.2 SENSOR DE PRESENCIA UTILIZADO

Existiendo una diversidad de sensores de presencia y proximidad los cuales fueron expuestos en el Capítulo anterior se tiene una buena gama para escoger, y se optó por un sensor de presencia que existe comúnmente en el mercado como son los sensores que sirven para el encendido de iluminación en pasillos, vigilancia (control de intrusos), etc.

#### 2.1.2.1 Sensor Infrarrojo de Movimiento LX16C



Fig. 2.1 Sensor infrarrojo de movimiento LX16C.

Sus características se muestran en la siguiente tabla:

| CARACTERÍSTICA         | RANGO                |
|------------------------|----------------------|
| Distancia de detección | 12 m (Max)(22°C)     |
| Tiempo de retardo      | 5 seg. – 8 Min       |
| Luz ambiente           | 10 Lux – 2000 Lux    |
| Fuente de poder        | 110 – 130 VAC        |
| Rango de detección     | 180°                 |
| Resistencia de carga   | 1200 W (Max)(230VAC) |

Tabla 2.3 Características y rangos del Sensor infrarrojo de movimiento LX16C.



Este sensor tiene tres potenciómetros para poder elegir los rangos para sensor el movimiento como son:

- Potenciómetro para elegir el nivel de luz del ambiente a sensor.
- Potenciómetro para elegir el tiempo de desactivación del sensor después de haber detectado movimiento.
- Potenciómetro para elegir la sensibilidad que se requiera en el sensor.

## 2.1.3 SENSOR DE TEMPERATURA UTILIZADO

### 2.1.3.1 Sensor de temperatura LM 35

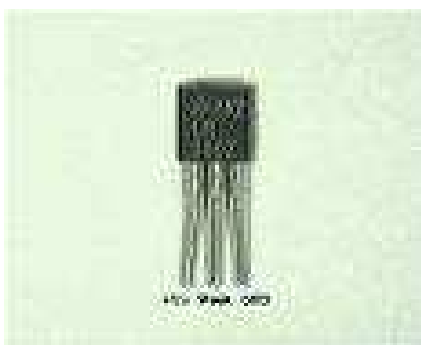


Fig. 2.2 Sensor de temperatura LM35.

| DESCRIPCIÓN             | RANGO  |
|-------------------------|--|
| Precisión calibrada     | 1°C  |
| Rango de lectura        | Desde -55° a +150°C  |
| Salida lineal           | 10mV/°C <ul style="list-style-type: none"> <li>• +1500mV = 150°C</li> <li>• +250mV = 25°C</li> <li>• -550mV = -55°C</li> </ul> |
| Voltaje de alimentación | 4 a 30V  |

Tabla 2.4 Características del sensor LM35

#### 2.1.3.1.1 Descripción

El sensor se presenta en diferentes encapsulados pero el más común es el to-92 de igual forma que un típico transistor con 3 patas, dos de ellas para alimentarlo y la tercera nos entrega un valor de tensión proporcional a la temperatura medida por el dispositivo. Con el LM35 sobre la mesa las patillas hacia nosotros y las

letras del encapsulado hacia arriba tenemos que de izquierda a derecha los pines son: VCC - Vout - GND.

#### 2.1.3.1.2 Usos

El sensor de temperatura puede usarse para compensar un dispositivo de medida sensible a la temperatura ambiente, refrigerar partes delicadas del robot o bien para loggear temperaturas en el transcurso de un trayecto de exploración.

## 2.2 POSICIONAMIENTO DE SENSORES

### 2.2.1 POSICIONAMIENTO DEL SENSOR DE TEMPERATURA

El sensor de temperatura debe ubicar en el interior de la vivienda, generalmente en el salón o en las habitaciones a una altura de 1.5 m del suelo.

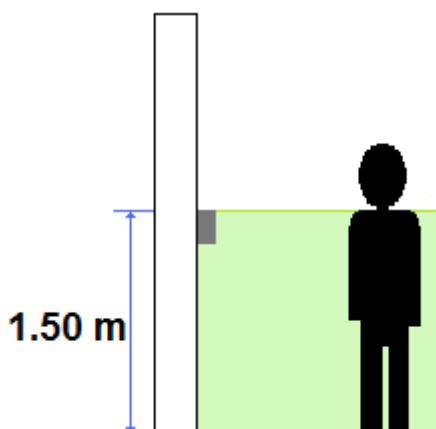


Fig. 2.3 Colocación del sensor de temperatura.

Para este proyecto se colocó el sensor de temperatura en una posición accesible a los usuarios; como el sensor está montado en la parte superior del mismo tablero de control en el que se encuentra el display y los botones de programación, se lo colocó en la sala en la parte superior esquinera de la pared a la misma altura que el sensor de presencia, pero al lado opuesto del mismo ya que como se trata de un departamento prototipo, es decir de una maqueta, se colocó dicho tablero para que pueda ser fácilmente programado y poder visualizar perfectamente los parámetros de medición y los programables, como se puede ver en la figura 2.4.



Fig. 2.4 Fotografía de la colocación del sensor de temperatura.

### 2.2.2 POSICIONAMIENTO DEL SENSOR DE PRESENCIA

Los detectores de presencia se pueden colocar en cualquier estancia.

El número de detectores colocados depende del nivel de domotización de la vivienda. Se ubican en función de la tipología de la habitación.

Para los que se ubiquen en pared, la zona de menos conflicto para una posterior decoración es encima de la puerta, aunque el ideal es la esquina. *El sensor de techo* resuelve elegantemente este problema.

El sensor de presencia deberá colocarse a una altura de 2 m recomendablemente en una esquina donde tenga espacio libre divisible hacia toda el área que se desea sensar.

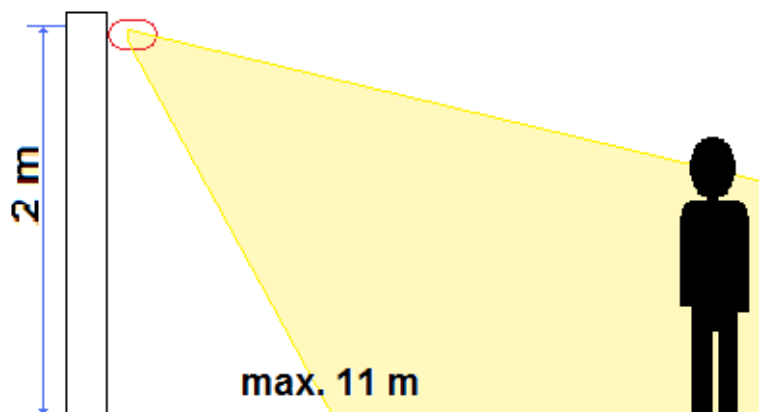


Fig. 2.5 Colocación del sensor de presencia.

El sensor de presencia para este proyecto fue colocado en la cocina en la esquina en la parte superior opuesta al tablero de control, como se puede ver en la figura 2.6.



Fig. 2.6 Fotografía de la colocación del sensor de presencia.

## 2.3 ACONDICIONAMIENTO DE SENSORES

### 2.3.1 ACONDICIONAMIENTO DEL SENSOR DE TEMPERATURA

Para este proyecto se utilizará el sensor de temperatura LM35, este dispositivo presenta en su pin OUT una variación de 10mV por grado centígrado, su alimentación puede ser de 4 a 30 Voltios, y su rango de temperatura a sensor está entre  $-55^{\circ}\text{C}$  hasta  $150^{\circ}\text{C}$ .

Su funcionamiento es muy simple, primero el voltaje del pin out del LM35, lo vamos a duplicar a través de un juego de amplificadores operacionales (LM358), el cual está configurado como amplificador no inversor, la salida del A.O. LM358, lo conectamos al puerto A.0, el cual está configurado como conversor A/D a 8 bits este dato se almacena en la variable dato, el cual lo dividimos para 2, con la finalidad de estabilizar la señal que ingresa del OUT del LM35. Si la temperatura permanece entre  $22^{\circ}\text{C}$  y  $26^{\circ}\text{C}$ , ninguno de los relés se activa, si la temperatura no se encuentra dentro de estos 2 rangos, moverá al motor en el sentido que corresponda, para que se cierre o se abra la ventana

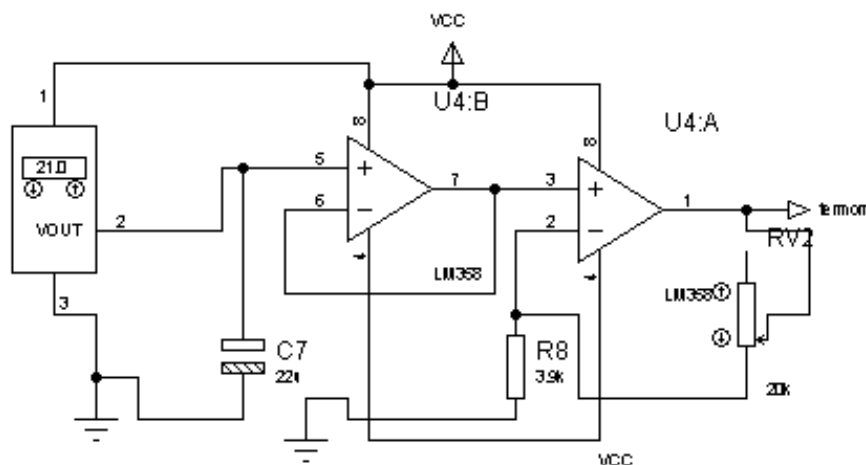


Fig. 2.7 Circuito utilizado para el acondicionamiento del sensor de temperatura.

### 2.3.2 ACONDICIONAMIENTO DEL SENSOR DE PRESENCIA

Al sensor obtenido se le realizó una pequeña modificación para que pueda ser utilizado en este proyecto, la cual consiste en lo siguiente:

Como el sensor comercial adquirido es comúnmente utilizado para realizar una iluminación automática de pasillos o diversos lugares donde se necesite que se enciendan luces con la presencia de personas, este sensor viene con: tiempos de retardo, rango de detección, distancia de detección.

Ya que este modelo de sensor tiene que encender luces cuando sensa la presencia de personas, tiene un relé, el cual funciona a 24 V y sus contactos soportan hasta 250 V y 7 A; para poder utilizar esta señal lo único que se realizó es aprovechar la señal de 24 V hacia el relé y bajarla a 5 V, los cuales soporta el PIC, con un regulador de voltaje 7805, pero se conectaron las tierras del sensor y del circuito de control obteniendo así 5 V, pero para garantizar que el PIC no sufra ningún daño, con la señal obtenida del sensor se controló un transistor 2N3904 el cual actúa como interruptor dejando pasar los 5 V con los que se está energizando al PIC, con esta señal el PIC, pueda identificar si hay o no presencia de personas en el departamento.

El circuito básico de este detector se muestra en la figura siguiente. Los usos de este circuito son de lo más variado. Desde colocarlo en la puerta de casa para evitar que gente se pare frente a ella sin necesidad hasta colocarlo en la parte trasera y delantera del carro para prevenir a otros conductores cuando se acercan demasiado al aparcar.

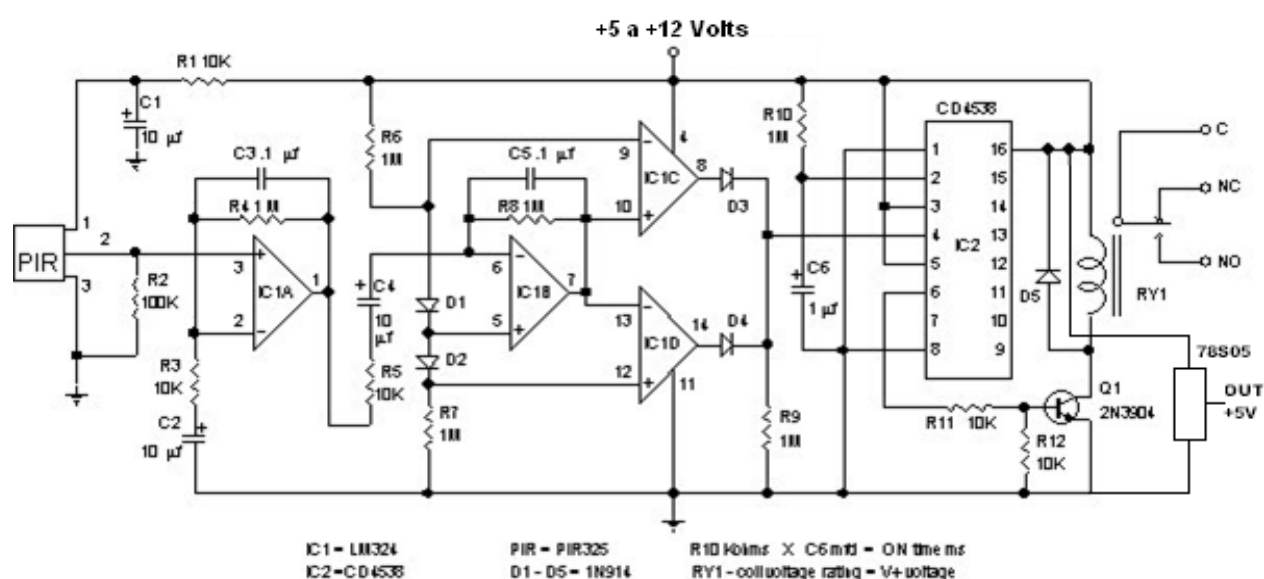


Fig. 2.8 Circuito del sensor de presencia.

El funcionamiento del circuito se basa en emitir una ráfaga de señales luminosas infrarrojas las cuales al rebotar contra un objeto cercano se reciben por otro componente. Al ser recibidas el sistema detecta proximidad con lo que el led de salida se acciona (brilla).

El circuito integrado es un generador/decodificador de tonos que bien cumple con las necesidades de este diseño. Tanto el fotodiodo como el fototransistor deberán estar situados con unidades de enfoque adecuadas para mejorar el alcance. Con simples reflectores de LED's se pueden obtener alcances del orden del metro. Con lentes convexas se pueden cubrir distancias de cinco metros. Es conveniente sacrificar algo de rango pero colocar filtros UV y SUNLIGHT los cuales no dejan entrar al fototransistor (elemento receptor) los rayos del sol.

## **2.4 DISEÑO DE ACTUADORES**

### **2.4.1 ACTUADOR PARA EL MOTOR PASO A PASO**

#### **2.4.1.1 Motor utilizado**

Las características del Motor paso a paso elegido por su buen torque son las siguientes:

- Motor unipolar (6 cables).
- Voltaje de alimentación 4.1V
- Corriente de consumo 1.1 A
- Grados por paso 1.8°



**Fig. 2.9 Motor paso a paso utilizado.**

A este motor se le acopló una polea con un tornillo ubicado a una distancia adecuada del centro, con el objetivo de con un vástago metálico ser acoplado a la ventana de celosía (tipo persiana que abre y cierra ventoleras mecánicamente) produciendo un movimiento hacia arriba y hacia abajo, abriendo y cerrando la misma, con el movimiento semicircular del motor.

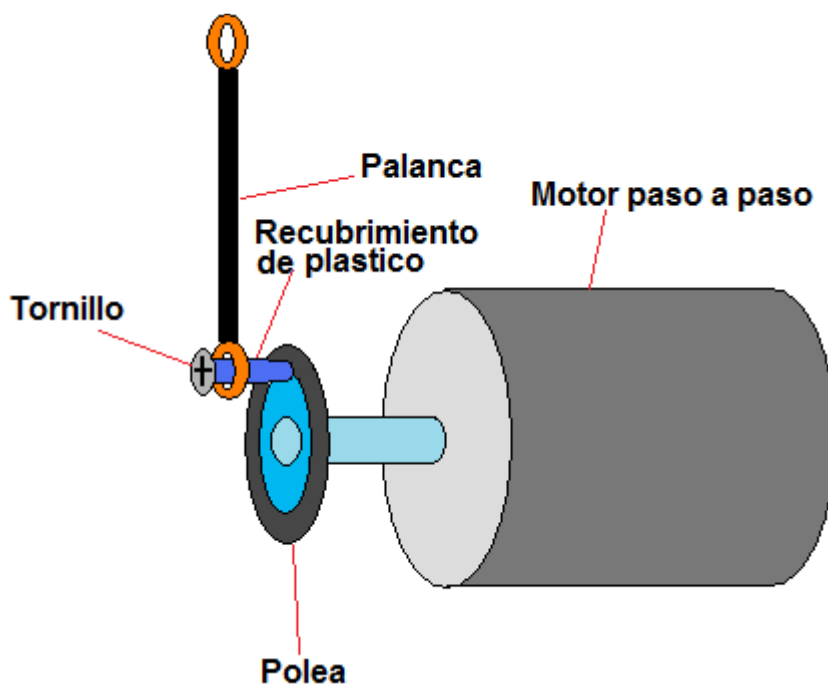


Fig. 2.10 Mecanismo para abrir o cerrar la ventana

#### 2.4.1.1.1 Motores paso a paso Unipolares

Los motores paso a paso unipolares se componen de 4 bobinas.

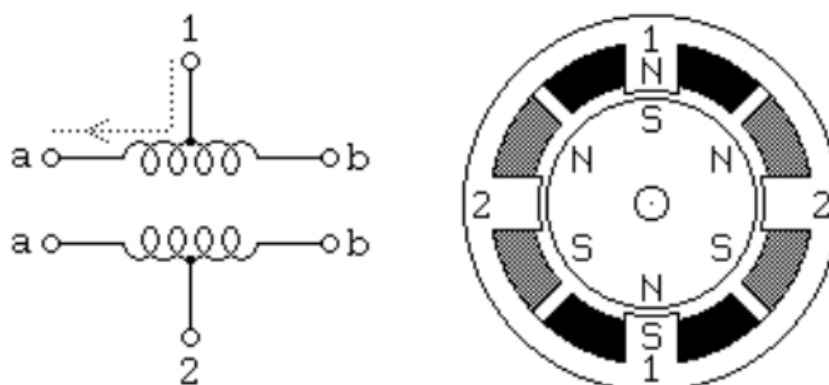


Fig. 2.11 Motor de imán permanente o híbrido unipolar.



Se llaman motores de paso unipolares a los de imán permanente o híbridos alambrados como se muestra en la Figura 2.11, con una toma central en cada uno de los bobinados. Suelen tener 5 o 6 cables. En la práctica, las tomas centrales de los bobinados se unen típicamente al voltaje positivo, y se conectan con tierra los dos extremos de cada bobinado alternadamente para invertir la dirección del campo proporcionado por cada bobinado. El paso del motor mostrado en la Figura 2.11 es de 30 grados tanto para el motor de imán permanente como para el motor híbrido, la diferencia entre estos dos tipos del motor no es relevante en este nivel de abstracción. El bobinado número 1 del motor es distribuido entre la cima y la base del polo del estator, mientras el bobinado número 2 del motor es distribuido entre los polos de la izquierda y la derecha. El rotor es un imán permanente con 6 polos, 3 sur y 3 norte, distribuidos alrededor de la circunferencia. Para resoluciones angulares más altas, el rotor debe tener proporcionalmente más polos. Los 30 grados por paso del motor de la figura es uno de los diseños de motor de imán permanente más común, aunque también hay de 15 y 7.5 grados por paso. Se hace motores de imán permanente con resoluciones tan buenas como 1.8 grados por paso, y se construyen rutinariamente motores híbridos con 3.6 y 1.8 grados por paso, habiendo disponibles con resoluciones tan finas como 0.72 grados por paso.

Como se muestra en la figura 2.12, la corriente que fluye de la toma central del bobinado 1 al terminal "a" causa en la cima del polo del estator un polo norte mientras la base del polo del estator será un polo sur. Esto atrae al rotor en la posición mostrada. Si la energía en la bobina 1 es removida y la bobina 2 es energizada, el rotor girará 30 grados, o un paso. Para girar el motor continuamente, se aplica energía alternativamente a los dos bobinados, en secuencia. Asumiendo una lógica positiva, donde un 1 significa que circula corriente a través de un bobinado del motor, las siguientes dos secuencias de control harán girar el motor ilustrado en la Figura 2.12 en el sentido de las agujas del reloj, 24 pasos o 4 revoluciones:

Bobinado 1a 1 0 0 0 1 0 0 0 1 0 0 0 1 0 0 0 1 0 0 0 1

Bobinado 1b 0 0 1 0 0 0 1 0 0 0 1 0 0 0 1 0 0 0 1 0 0 0

Bobinado 2a 0 1 0 0 0 1 0 0 0 1 0 0 0 1 0 0 0 1 0 0 0 1 0 0 0

Bobinado 2b 0 0 0 1 0 0 0 1 0 0 0 1 0 0 0 1 0 0 0 1 0 0 0 1 0

Tiempo ----- >

Bobinado 1a 1 1 0 0 1 1 0 0 1 1 0 0 1 1 0 0 1 1 0 0 1 1 0 0 1

Bobinado 1b 0 0 1 1 0 0 1 1 0 0 1 1 0 0 1 1 0 0 1 1 0 0 1 1 0

Bobinado 2a 0 1 1 0 0 1 1 0 0 1 1 0 0 1 1 0 0 1 1 0 0 1 1 0 0

Bobinado 2b 1 0 0 1 1 0 0 1 1 0 0 1 1 0 0 1 1 0 0 1 1 0 0 1 1

Tiempo----- >

Note que nunca se debe energizar al mismo tiempo las dos mitades de un mismo bobinado. Ambas secuencias mostradas arriba rotarán un imán permanente un paso a la vez. La secuencia superior sólo energiza un bobinado en un tiempo; así, se usa menos energía. La secuencia inferior involucra energizar a dos mitades de las dos bobinas al mismo tiempo, con lo que se consigue un torque aproximadamente 1.4 veces mayor que aquella de la secuencia superior, pero se usa el doble de energía. Las posiciones de los pasos producidas por las dos secuencias arriba no son las mismas; como resultado, combinando las dos sucesiones permite conseguir medios pasos, con el motor alternadamente parado en las posiciones indicadas por una u otra secuencia. La combinación de estas secuencias es como sigue:

Bobinado 1a 1 1 0 0 0 0 0 1 1 1 0 0 0 0 0 1 1 1 0 0 0 0 0 1 1 1

Bobinado 1b 0 0 0 1 1 1 0 0 0 0 0 1 1 1 0 0 0 0 0 1 1 1 0 0 0 0

Bobinado 2a 0 1 1 1 0 0 0 0 0 1 1 1 0 0 0 0 0 1 1 1 0 0 0 0 0 1

Bobinado 2b 0 0 0 0 0 1 1 1 0 0 0 0 0 1 1 1 0 0 0 0 0 1 1 1 0 0

Tiempo-- ----- >

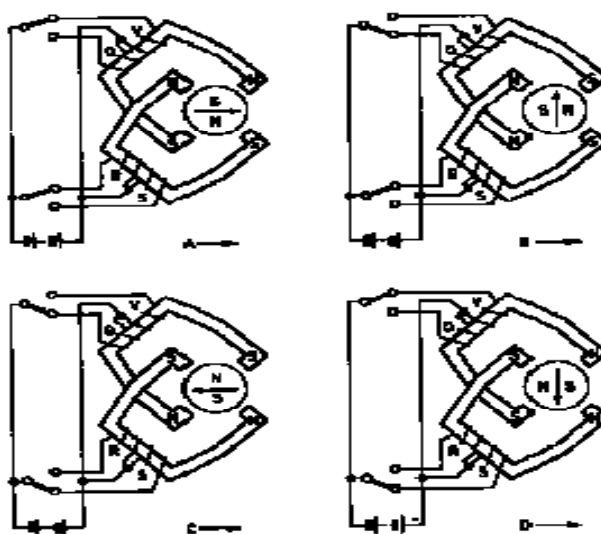


Fig. 2.12 Formación de polos en un motor unipolar.

En la figura 2.12 se muestra un MPAP unipolar con 2 estatores de los cuales cada bobina se encuentra dividida en dos mediante una derivación central conectada a un terminal de alimentación, y del que va a depender el sentido de la corriente de cada bobina.

#### 2.4.1.2 Actuador

Tabla de características del Transistor Darlington

##### Maximum Ratings

| Characteristic   | Symbol         | TIP120      | TIP121 | TIP122 | Unit             |
|--|----------------|-------------|--------|--------|------------------|
|  |                | TIP125      | TIP126 | TIP127 |                  |
| Collector-Emitter Voltage  | $V_{CEO}$      | 60          | 80     | 100    | V                |
| Collector-Base Voltage   | $V_{CBO}$      |             |        |        |                  |
| Emitter-Base Voltage   | $V_{EBO}$      | 5.0         |        |        |                  |
| Collector Current -Continuous<br>-Peak   | $I_C$          | 5.0         |        |        | A                |
|  | $I_{CM}$       | 8.0         |        |        |                  |
| Base Current   | $I_B$          | 120         |        |        | mA               |
| Total Power Dissipation at $T_C = 25^\circ\text{C}$<br>Derate above $25^\circ\text{C}$ | $P_D$          | 65          |        |        | W                |
|  |                | 0.52        |        |        |                  |
| Operating and Storage Junction<br>Temperature Range                                    | $T_J, T_{STG}$ | -65 to +150 |        |        | $^\circ\text{C}$ |

Tabla 2.5 Características del Transistor Darlington.

Debido a que este motor tiene un consumo de 1.1 A se escoge un Transistor Darlington el cual como se puede observar en su tabla de características soporta

una corriente por el colector de 5 a 8A, suficiente rango para poder efectuar nuestro objetivo.

Ya que la corriente máxima en la base es de 120mA y nuestro objetivo es proteger al PIC, el cual puede entregar una corriente máxima de 25mA y un voltaje de 5V entonces realizamos el siguiente cálculo:

$$V = R \times I$$

$$R = \frac{V}{I} = \frac{5V}{25^{-3}A} = 200\Omega$$

Siendo 200 $\Omega$  el mínimo valor de resistencia para obtener el máximo valor de corriente, se puede poner una resistencia de 1K obteniendo un valor de corriente de 5mA con la cual dispara perfectamente el transistor y protegemos mucho más al PIC.

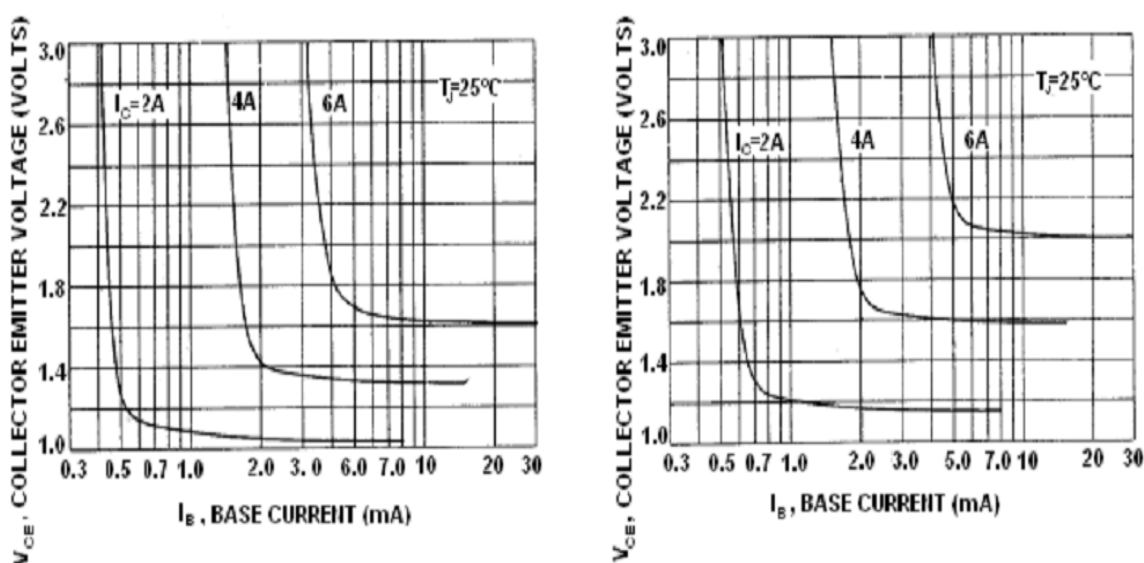


Fig. 2.13 Familia de curvas de saturación del colector de un Transistor Darlington.

Según las graficas se puede observar que la región de saturación del colector para los datos que ya se obtuvo como son  $I_C = 1.1\text{ A}$  por el consumo del motor y  $V_{CE} = 5\text{V}$  se ve que debe tener más o menos una corriente de base  $I_B = 0.5\text{ mA}$  y nosotros estamos garantizando una corriente de  $5\text{ mA}$ , teniendo así un buen disparo del transistor.

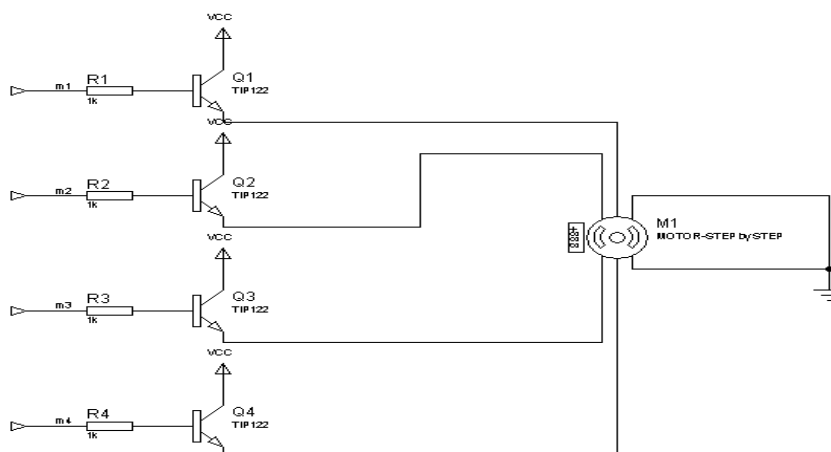


Fig. 2.14 Circuito de control y potencia para el motor paso a paso.

## 2.4.2 ACTUADOR PARA EL VENTILADOR

Según las características de la bobina del rele son:

### Coil specifications

DC coil data (0.2 W sensitive)

| Nominal voltage<br>$U_N$<br>V | Coil code | Operating range |                | Resistance<br>R<br>$\Omega$ | Rated coil consumption<br>I at $U_N$<br>mA |
|-------------------------------|-----------|-----------------|----------------|-----------------------------|--|
|                               |           | $U_{min}$<br>V  | $U_{max}$<br>V |                             |  |
| 5                             | 7.005     | 3.7             | 7.5            | 125                         | 40   |
| 6                             | 7.006     | 4.5             | 9              | 180                         | 33   |
| 9                             | 7.009     | 6.7             | 13.5           | 405                         | 22   |
| 12                            | 7.012     | 8.4             | 18             | 720                         | 16   |
| 24                            | 7.024     | 16.8            | 36             | 2,880                       | 8.3  |
| 48                            | 7.048     | 36              | 72             | 11,520                      | 4.1  |

Tabla 2.6 Características del relé utilizado.

Según la tabla se tiene que para un relé de 12V la corriente es de 16mA eligiendo así un transistor 2N3904 porque soporta  $I_C = 200\text{mA}$  siendo suficiente para este diseño.

**Absolute Maximum Ratings\***

TA = 25°C unless otherwise noted

| Symbol                            | Parameter  | Value       | Units |
|-----------------------------------|--|-------------|-------|
| V <sub>CEO</sub>                  | Collector-Emitter Voltage                        | 40          | V     |
| V <sub>CBO</sub>                  | Collector-Base Voltage                           | 60          | V     |
| V <sub>EB0</sub>                  | Emitter-Base Voltage                             | 6.0         | V     |
| I <sub>c</sub>                    | Collector Current - Continuous                   | 200         | mA    |
| T <sub>J</sub> , T <sub>stg</sub> | Operating and Storage Junction Temperature Range | -55 to +150 | °C    |

\*These ratings are limiting values above which the serviceability of any semiconductor device may be impaired.

**Tabla 2.7 Características del transistor 2N3904 utilizado para el ventilador.**

Siendo:

$$I_B = \frac{I_C}{10}$$

Entonces

$$I_B = \frac{16^{-3}}{10} = 1.6^{-3} = 1.6mA$$

Para la resistencia

$$R = \frac{V}{I}$$

$$R = \frac{5V}{1.6^{-3}} = 3125\Omega$$

Siendo 3,125K la resistencia para la máxima corriente, escogiendo la estándar 4,7K para no estar al límite y también garantizamos la saturación del transistor y su disparo.

Para este caso se tiene un ventilador de 12VDC y 0.18A, el cual puede ser manejado perfectamente por este rele el cual soporta a 12VDC 12A, pero para un ventilador grande puede soportar a 125VCA 12A y a 250VCA 7A.

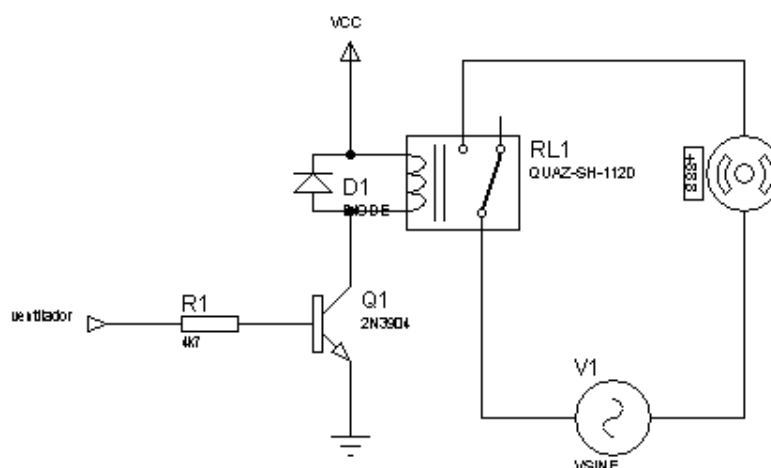


Fig. 2.15 Circuito de control y potencia del ventilador.

### 2.4.3 ACTUADOR PARA EL CALEFACTOR

Según las características de la bobina del relé son:

#### Coil specifications

DC coil data (0.2 W sensitive)

| Nominal voltage<br>$U_N$<br>V | Coil code | Operating range |                | Resistance<br>R<br>$\Omega$ | Rated coil consumption<br>I at $U_N$<br>mA |
|-------------------------------|-----------|-----------------|----------------|-----------------------------|--|
|                               |           | $U_{min}$<br>V  | $U_{max}$<br>V |                             |  |
| 5                             | 7.005     | 3.7             | 7.5            | 125                         | 40   |
| 6                             | 7.006     | 4.5             | 9              | 180                         | 33   |
| 9                             | 7.009     | 6.7             | 13.5           | 405                         | 22   |
| 12                            | 7.012     | 8.4             | 18             | 720                         | 16   |
| 24                            | 7.024     | 16.8            | 36             | 2,880                       | 8.3  |
| 48                            | 7.048     | 36              | 72             | 11,520                      | 4.1  |

Tabla 2.8 Características del relé utilizado.

Según la tabla se tiene que para un relé de 12V la corriente es de 16mA eligiendo así un transistor 2N3904 porque soporta  $I_C = 200\text{mA}$  siendo suficiente para este diseño.

**Absolute Maximum Ratings\***

TA = 25°C unless otherwise noted

| Symbol                            | Parameter  | Value       | Units |
|-----------------------------------|--|-------------|-------|
| V <sub>CEO</sub>                  | Collector-Emitter Voltage                        | 40          | V     |
| V <sub>CBO</sub>                  | Collector-Base Voltage                           | 60          | V     |
| V <sub>EB0</sub>                  | Emitter-Base Voltage                             | 6.0         | V     |
| I <sub>c</sub>                    | Collector Current - Continuous                   | 200         | mA    |
| T <sub>J</sub> , T <sub>stg</sub> | Operating and Storage Junction Temperature Range | -55 to +150 | °C    |

\*These ratings are limiting values above which the serviceability of any semiconductor device may be impaired.

**Tabla 2.9 características del transistor 2N3904 utilizado para el calefactor.**

Siendo:

$$I_B = \frac{I_C}{10}$$

Entonces

$$I_B = \frac{16^{-3}}{10} = 1.6^{-3} = 1.6mA$$

Para la resistencia

$$R = \frac{V}{I}$$

$$R = \frac{5V}{1.6^{-3}} = 3125\Omega$$

Siendo 3,125K la resistencia para la máxima corriente, escogiendo la estándar 4,7K para no estar al límite y también garantizamos la saturación del transistor y su disparo.

Para este caso se tiene un imitación de calefactor el cual es un circuito formado por leds para simular un calefactor siendo su consumo de 12VDC y 0.3 mA, los cuales pueden ser manejados perfectamente por este rele el cual soporta a 12VDC 12A, pero para un calefactor grande puede soportar a 125VCA 12A y a 250VCA 7A.



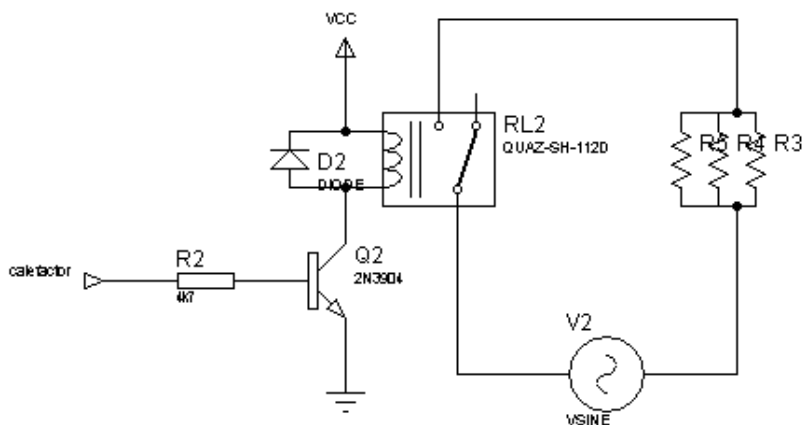


Fig. 2.16 Circuito de control y potencia para el calefactor.

## 2.5 PROGRAMACIÓN DEL MICROPROCESADOR

### 2.5.1 PIC16F877A

Microcontrolador de la empresa Microchip.



Fig. 2.17 PIC16F877A

Estos son sus datos más relevantes:

| Ítem                | Valor                            |
|---------------------|----------------------------------|
| Memoria de programa | 14.3 KBytes (8192 instrucciones) |

|                 |                       |
|-----------------|-----------------------|
| Memoria SRAM    | 368 KBytes            |
| Memoria EEPROM  | 256 KBytes            |
| Número de E/S   | 33                    |
| Número de ADC   | 8 (10 Bits)           |
| Número de PWM   | 2                     |
| SPI             | Si                    |
| I2C             | Si (Master)           |
| USART           | Si                    |
| Timers 8 Bits   | 2                     |
| Timers 16 Bits  | 1                     |
| Comparadores    | 2                     |
| Clock           | 0-20 MHz              |
| Número de pines | 40/44                 |
| Cápsula         | PDIP, PLCC, TQFP, QFN |

**Tabla 2.10 Características más relevantes del PIC16F877A.**

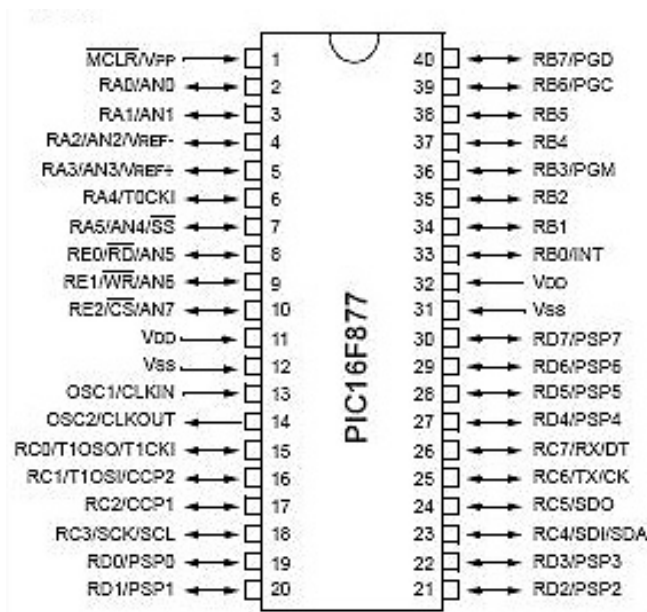


Fig. 2.18 Distribución de pines del PIC16F877A.

Se escogió este PIC porque la memoria que brinda este microcontrolador es suficiente para los fines que requiere el proyecto, siendo así suficientemente apto para todo el programa a implementarse.

### 2.5.2 BREVE EXPLICACIÓN DEL PROGRAMA

Para el RTC (reloj en tiempo real) se utiliza el C.I. DS1307, mediante el bus I<sup>2</sup>C, que permite la comunicación con algunos dispositivos como memorias 24CXX, los procesadores de señal, codificadores de video, sensores de temperatura, etc. Haremos un proyecto de lectura y escritura de un RTC (Real Time Clock), utilizando un byte de control igual a %11010000, (propio del fabricante), y su modo de grabación de datos es en sistema hexadecimal.

Una aclaración importante es que los datos almacenados de primera instancia serán en inicios de fechas y horarios es decir: fecha 01/01/2000 y hora 12:01:0, pudiendo ser cambiado a gusto del usuario.

Para poder cumplir uno de los objetivos de este proyecto el cual es: poder programar una apertura y cierre de las ventanas algún día en específico cuando no haya presencia de personas, es decir cuando la familia u ocupantes de un

departamento salgan de viaje; se utilizó nada más que comparaciones de fechas del RTC, con fechas que puedan ser programadas por el usuario, y en el momento que el PIC compara dichas fechas y horarios, y los encuentra iguales ejecuta las subrutinas que sean necesarias.

Para el sensor de temperatura ya acondicionado, se utiliza la salida del amplificador LM 358 y se lo conecta al puerto A.0, el cual está configurado como conversor A/D a 8 bits, este dato se almacena en la variable dato, el cual lo dividimos para 2, con la finalidad de estabilizar la señal que ingresa del OUT del LM35. Si la temperatura permanece entre 22°C y 26°C , ninguno de los relés se activa, si la temperatura no se encuentra dentro de estos 2 rangos, moverá al motor en el sentido que corresponda, para que se cierre o se abra la ventana solo cuando existe presencia de personas en el departamento, esto se lo realizó con la ayuda de la señal proveniente de un sensor de presencia acondicionado para poder ingresar su señal al PIC por el puerto B7 el cual se pone en alto en bajo dependiendo si hay o no presencia de personas en el recinto.

Para poder obtener un objetivo de este proyecto el cual era que cuando el sensor de presencia detectaba la presencia de personas y el sensor de temperatura detectaba rangos de temperatura fuera de los rangos establecidos, después de un cierto tiempo adecuado también ya establecido, el sistema encienda ya sea un ventilador o un calefactor si las condiciones no cambian a un estado de temperatura de confort en dicho tiempo solamente con la ventilación natural. Para esto se utilizó el TMR0 para crear un reloj en el PIC. El TMR0, es una valiosa herramienta que disponen los PIC'S,, para el caso del PIC16F877A, dispone de 3 TIMERS, 1 de 16 bits (TMR1) y 2 de 8 bits, los TMR0 y TMR2, la calibración para estos contadores, se dan en el registro OPTION, aquí se puede seleccionar si el incremento es con flanco de subida o de bajada y si es externa (pin A4/TOCKI) o interna (Oscilador), en nuestro caso será interna generada por el Oscilador. Cuando el conteo del temporizador TMR0, llega a 256 y pasa a 0, se genera una interrupción, para que esto suceda se debe habilitar el registro INTCON bit 7 (GIE=1), y también el bit 5 (TOIE=1), quedando así:

```
INTCON=%10100000          ; habilita interrupción por TMR0
```

En el registro OPTION se debe definir el rango del preescalador, se debe poner:

OPTION\_REG=%01010110; preescalador 1:128, asignado al TMR0 y ciclo de reloj interno.

Para poder controlar el motor a pasos solamente se realizó una subrutina en la cual se hizo el barrido de 4 pines del PIC, para poder ir energizando las bobinas del motor a pasos, obviamente se controló a dicho motor por medio de transistores Darlington, ya que el consumo de este motor es alto.

Normalmente cuando solo se va a ejecutar el programa para el reloj con el TMR0, consiste en ejecutar una interrupción, cada vez que el contador del TMR0, llega a 256, pero no empieza desde 0 ya que se le asigno un valor inicial de 4, por lo que el tiempo sería  $128 \times 252 = 32256 \mu\text{s}$  y esto repetido 31 veces, conseguimos acercarnos más al tiempo de un segundo ( $32256 \mu\text{s} \times 31 = 999936 \mu\text{s}$ ), luego de esto se incrementa la variable según = según + 1 y se actualiza el LCD. Para este proyecto se tuvo que ajustar empíricamente las 31 repeticiones ya que como se trataba de un programa mucho más extenso que el TMR0 como reloj, se fueron variando los valores de las repeticiones hasta obtener un valor aproximado a un reloj, ya que con las 31 repeticiones la subrutina del reloj se hacía demasiado lenta.

Pudiendo cambiar los datos de: fechas, horarios, fechas y horarios de programación (datos para que el sistema funcione sin presencia de personas) y temperaturas de referencia, con 3 pulsadores los cuales están dispuestos de tal modo que el primero escoge el modo a cambiar, el segundo aumenta y el tercero disminuye.

Los tiempos en los cuales se encienden ya sea el ventilador o el calefactor están ya programados, así como el tiempo que espera el PIC para cerrar la ventana cuando no hay personas y la ventana ha quedado abierta por efecto de haber sentido presencia anteriormente y temperatura alta, no pueden ser cambiados o sea vendrían a ser como los datos de fábrica; así mismo el tiempo en el que se encontrará funcionando el sistema cuando se ejecute la opción en la cual el usuario programa una ventilación, en cualquier día y horario especificado, este tiempo tampoco puede ser cambiado por el usuario, siendo estos tiempos fijados

por el programador mediante el estudio realizado de ventilación natural, pero para efectos de poder demostrar prácticamente el funcionamiento de este proyecto, estos tiempos serán programados con valores bajos con el objeto de poder demostrar rápidamente su funcionamiento, y solo se podrán cambiar por programación siendo parámetros impuestos por el programador.

Para controlar el máximo de apertura y cierre de las ventanas se utilizó, dos fines de carrera, para apertura y cierre respectivamente, los cuales están conectados a dos pines del PIC proporcionando una señal, al momento de producirse un cierre completo o una apertura completa.

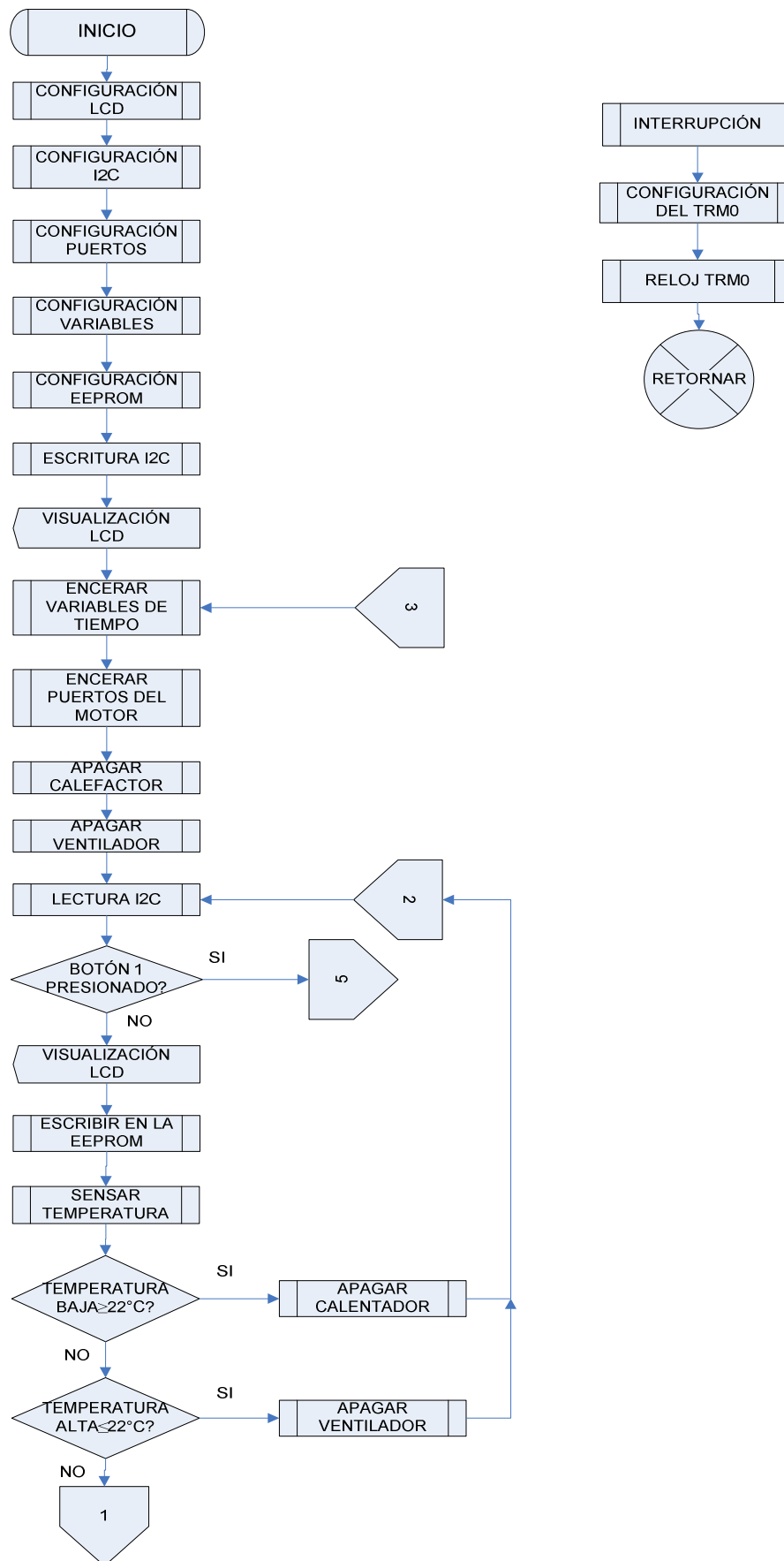
#### 2.5.2.1 Administración de pines

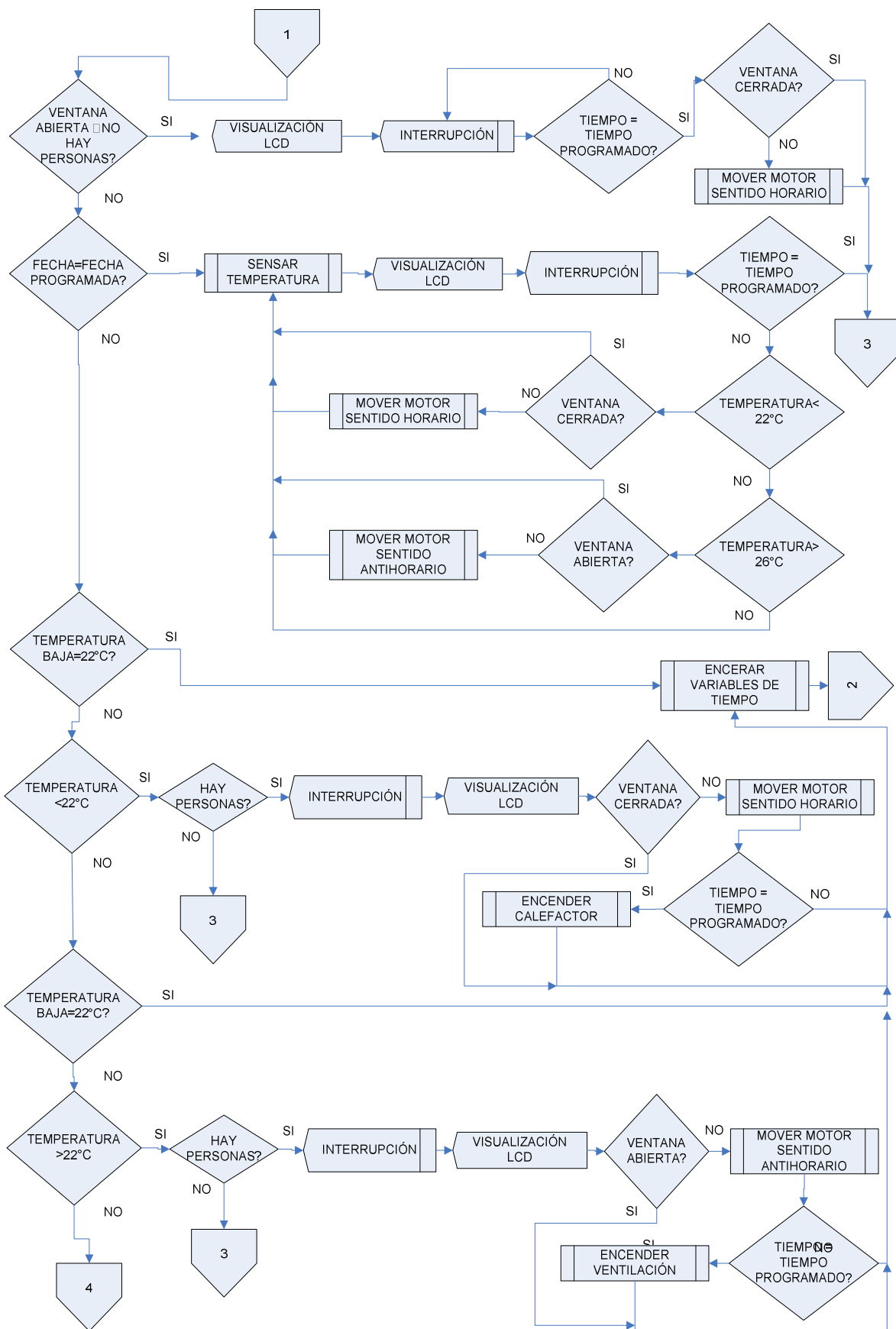
La administración de pines se realizó de la siguiente manera mostrada en la tabla 2.11

| <b>ELEMENTO</b>                  | <b>PIN</b>                  |
|----------------------------------|-----------------------------|
| Master Clear                     | Pin 1                       |
| Cristal oscilador                | OSC1-OSC2, pines 13-14      |
| +VCC                             | VDD, pin 11                 |
| GND                              | VSS, pin 12                 |
| Sensor de temperatura            | RA0, pin 2                  |
| Sensor de presencia              | RB7, pin 40                 |
| Fines de carrera                 | RE0-RE1, pines 8-9          |
| Ventilador                       | RE2, pin 10                 |
| Calefactor                       | RC7, pin 26                 |
| LCD                              | RC0-RC6, pines 15-18, 23-25 |
| Pulsador 1 (mode)                | RB0, pin 33                 |
| Pulsador 2 (incrementar)         | RB4, pin 37                 |
| Pulsador 3 (decrementar)         | RB5, pin 38                 |
| Motor paso a paso                | RD0-RD3, pines 19-22        |
| Reloj en tiempo real DS1307      | RB2-RB3, pines 35-36        |
| <b>Total de pines utilizados</b> | <b>28</b>                   |
| <b>Pines libres</b>              | <b>12</b>                   |

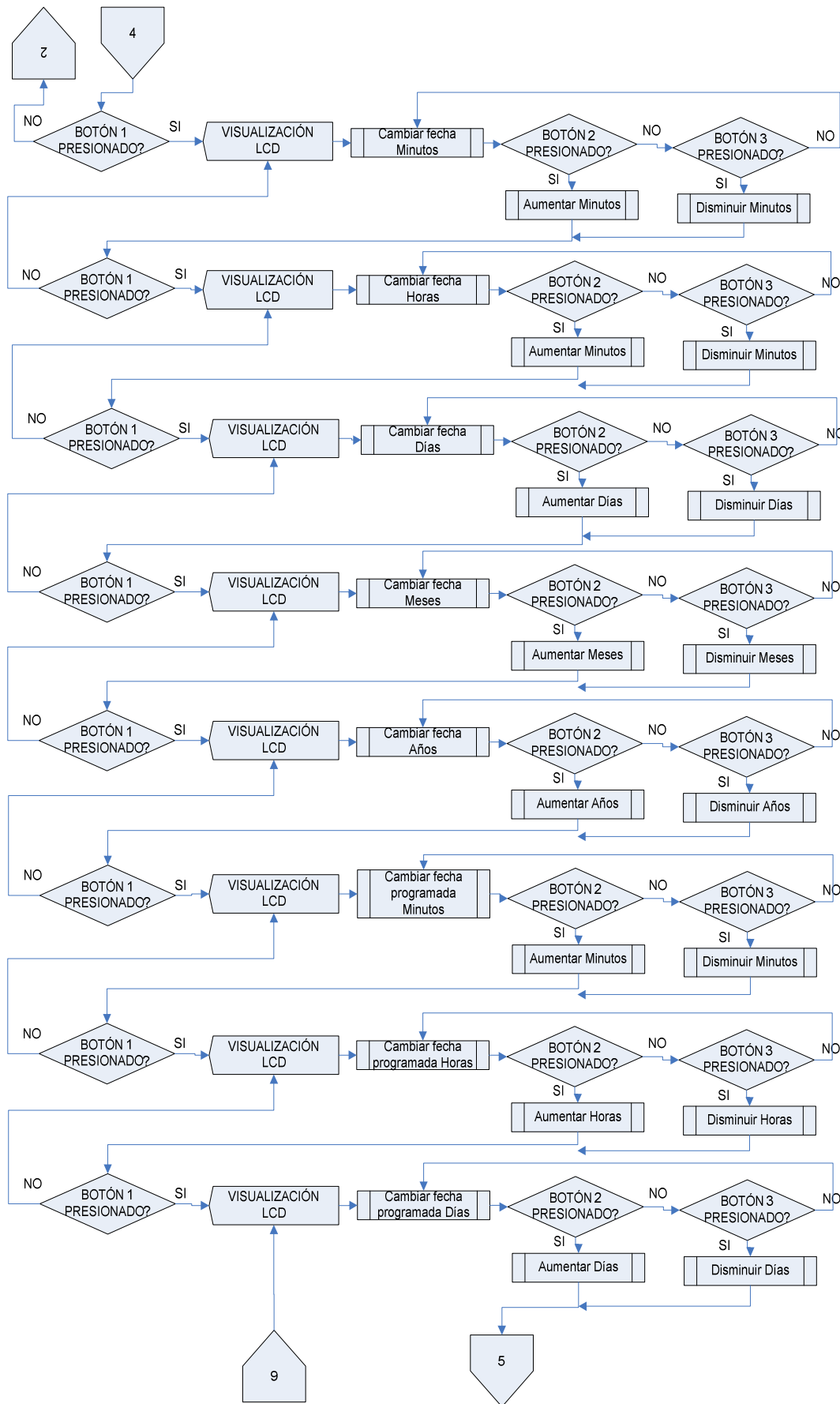
Tabla 2.11 Administración de pines del PIC16F877A utilizado.

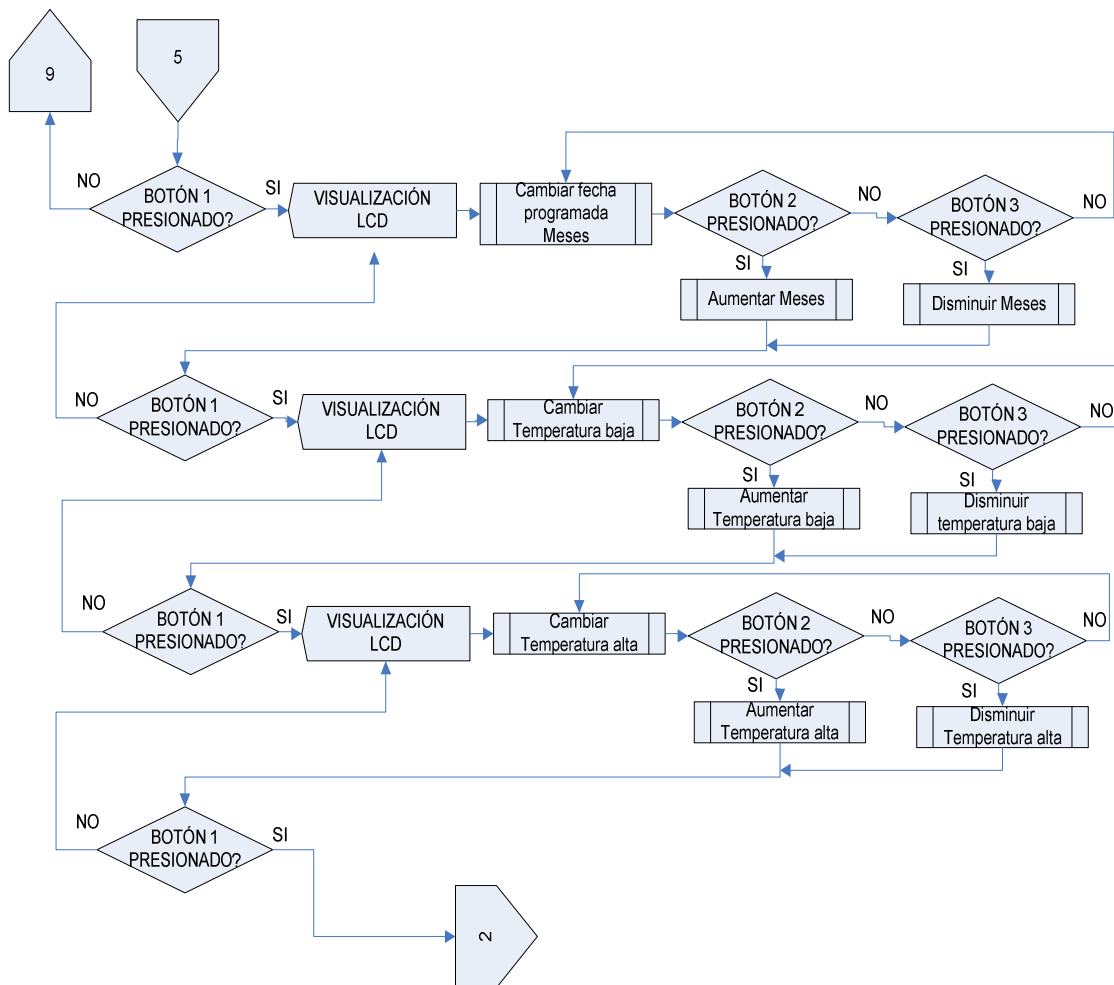
## 2.5.3 DIAGRAMA DE FLUJO











## CAPITULO III

### 3 PISTAS Y PLACAS DE CIRCUITOS

#### 3.1 DISEÑO DE PISTAS

Para el diseño de pistas se utilizó el programa ARES de PROTEUS, con el cual se realizó todos los circuitos, tratando de realizar dichos circuitos por separado para facilitar el montaje y desmontaje para futuros cambios y reparaciones, es decir se diseño por separado el circuito de control en el cual se encuentra el PIC e integrados utilizados, y su respectiva fuente de alimentación como se muestra en la figura 3.1.

También se diseñó por separado la pista del circuito para el LCD, ya que este debía ser montado en la parte frontal de la caja tablero para su visualización, para mayor facilidad de desmontaje, como se puede observar en la figura 3.2.

De igual manera se diseñó por separado la pista para el circuito de los pulsadores y leds indicadores, tratando siempre de facilitar el desmontaje para cualquier cambio reparación como se puede observar en la figura 3.3

La pista del circuito para el sensor de temperatura LM35, también fue diseñado por separado por razones de ubicación y montaje en el tablero de control como se puede observar en la figura 3.4.

En cuanto a la pista del circuito de potencia figura 3.5 se lo tuvo que diseñar también modularmente por requerimientos técnicos, es decir, debido a que este circuito tiene un consumo de 1.1A, ya que con este circuito alimenta al motor paso a paso, el mismo que requiere de esa corriente de alimentación, además se debe disipar más calor con la instalación de un ventilador pequeño el cual ayuda a disipar con más eficiencia el calor a parte de los disipadores de aluminio con los cuales se montaron los diferentes elementos que disipan potencia en forma de calor.

### 3.1.1 PISTAS

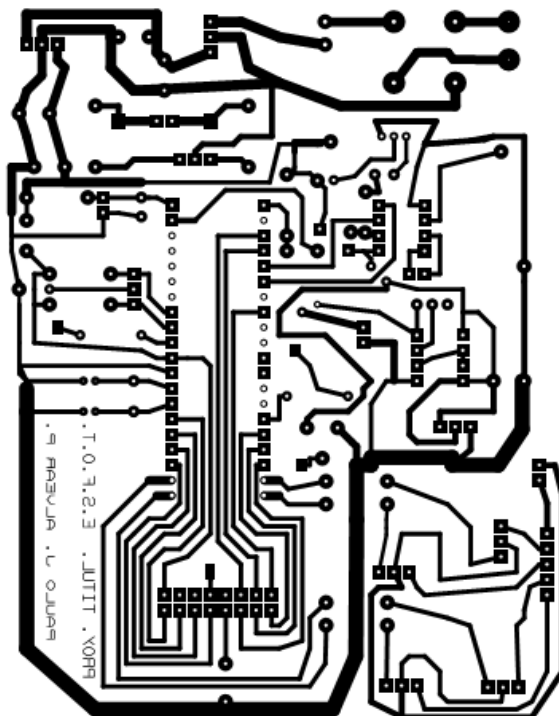


Fig. 3.1 Pista del circuito de control.

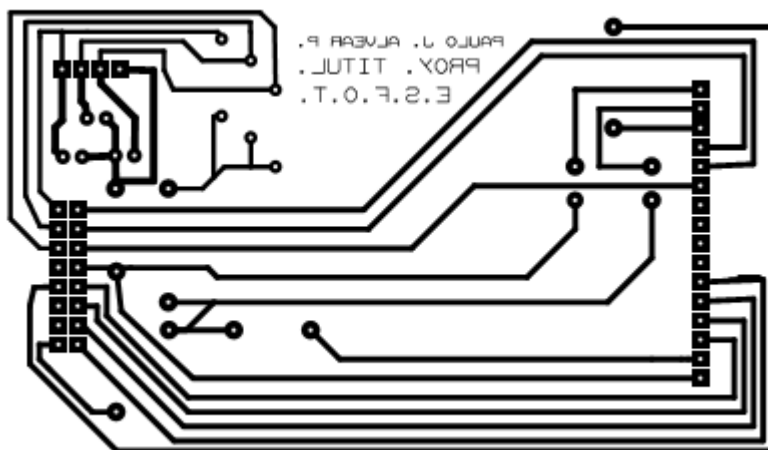


Fig. 3.2 Pista del circuito del LCD.

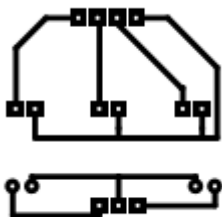


Fig. 3.3 Pista de los Pulsadores y Leds



Fig. 3.4 Pista del sensor de temperatura

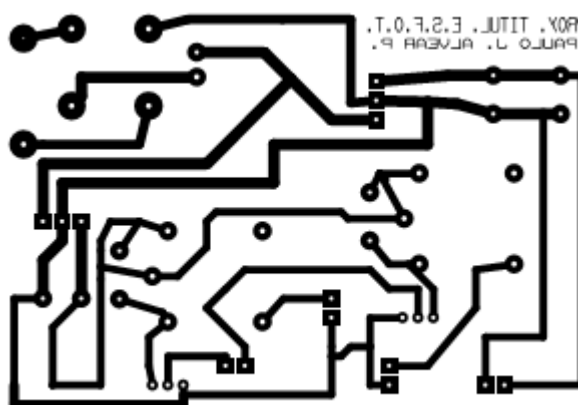


Fig. 3.5 Pista del circuito de potencia del motor a pasos.

### 3.2 CONSTRUCCIÓN DE PLACAS

La construcción de las placas se llevó a cabo imprimiendo en una impresora laser los diseños ya realizados en el programa ARES, en una lamina de transfer azul, después de haber impreso todos las pistas en la lamina de transfer se procedió a cortar la baquelita de 30 x 20 cm en las diferentes dimensiones requeridas para las placas, ya con los retazos de placas necesarias se procedió a planchar la lamina de transfer sobre la parte de cobre de la baquelita con cada uno de las pistas en sus respectivas placas, pero no sin antes poner una tela sobre la lamina antes de plancharla, cuando la pista ya estaba fijada sobre el cobre, se procedió a remover el cobre no necesario con ácido férrico.

En la figura 3.6 se puede observar la pista grabada en la baquelita, resultado de lo descrito anteriormente, esta placa es para el circuito del LCD, en la figura 3.7 se muestra la placa del circuito del LCD con el montaje de sus diferentes elementos

y zócalos machos ya que se trata de una placa modular es decir que puede ser desconectada del circuito de control con facilidad, así mismo el LCD puede ser reemplazado con facilidad retirándolo de su zócalo hembra, tal como se diseñó en el subcapítulo 3.1.

En la figura 3.8 se puede observar la placa con el sensor LM35 ya soldado, el cual tiene sus respectivos zócalos hembras de conexión hacia la tarjeta de control.

La placa con los pulsadores y leds montados con sus respectivos zócalos hembras de conexión se muestra en la figura 3.9.

En la figura 3.10 se muestra la placa del circuito de control con todos sus elementos ya incorporados, los zócalos machos y hembras para conexión de los diferentes módulos, así como los zócalos para el PIC y circuitos integrados, para su fácil sustitución.

El montaje completo de las placas de los circuitos de control, LCD, pulsadores y sensor en la caja de plástico se muestra en la figura 3.11, las dimensiones de dicha caja están especificadas en la figura 3.12, la misma que puede adquirirse en cualquier electrónica.

En la figura 3.13 se muestra la placa del circuito de potencia con sus respectivos zócalos de conexión machos, para conexión con el circuito de control. El montaje del circuito de potencia en la caja de plástico se muestra en la figura 3.14, la misma que tiene dimensiones específicas las cuales pueden observarse en la figura 3.15.

Todas las placas fueron construidas y diseñadas por separado o sea modularmente mediante su conexión por zócalos, así como la utilización de zócalos para los elementos más relevantes, con el objetivo de facilitar su desmontaje para realizar cambios de programación o reparaciones de elementos dañados.

### 3.2.1 PLACAS

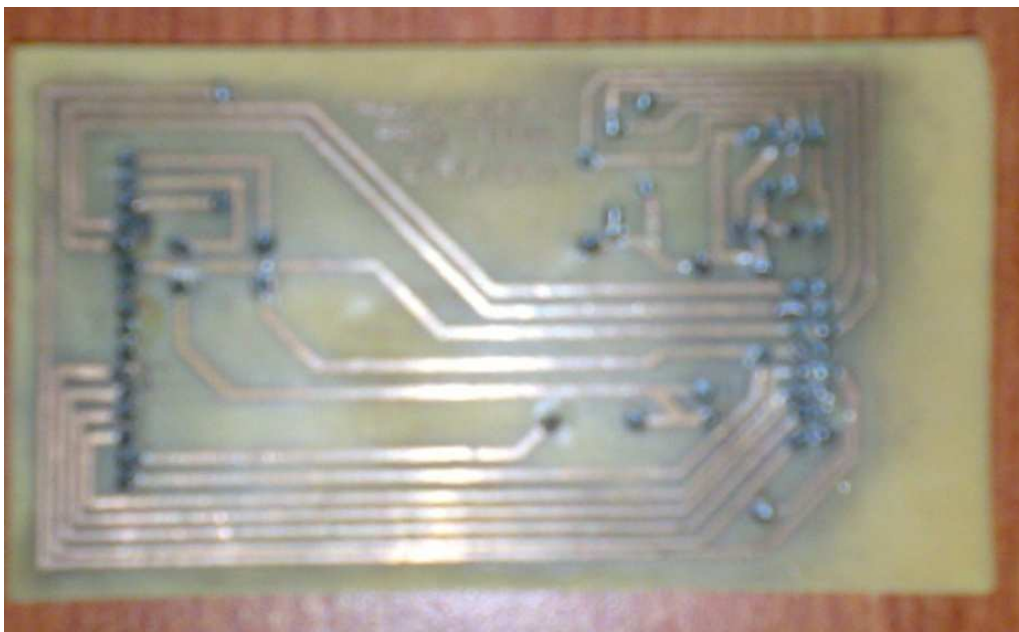


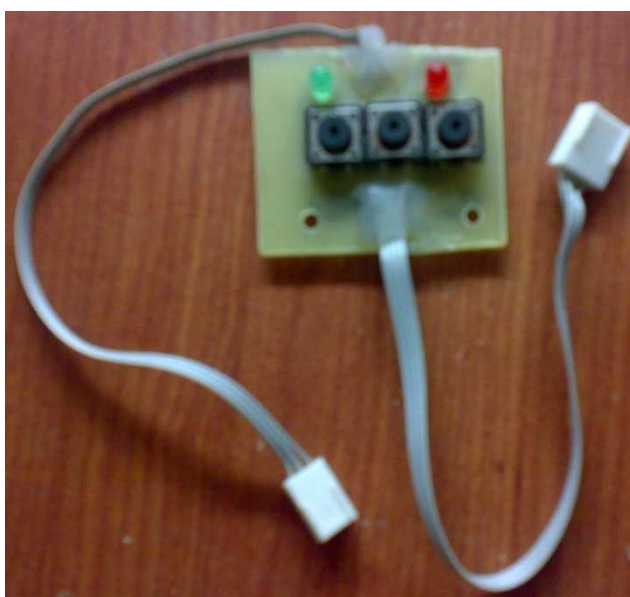
Fig. 3.6 Placa del circuito del LCD, vista inferior.



Fig. 3.7 Placa del circuito del LCD, vista superior.

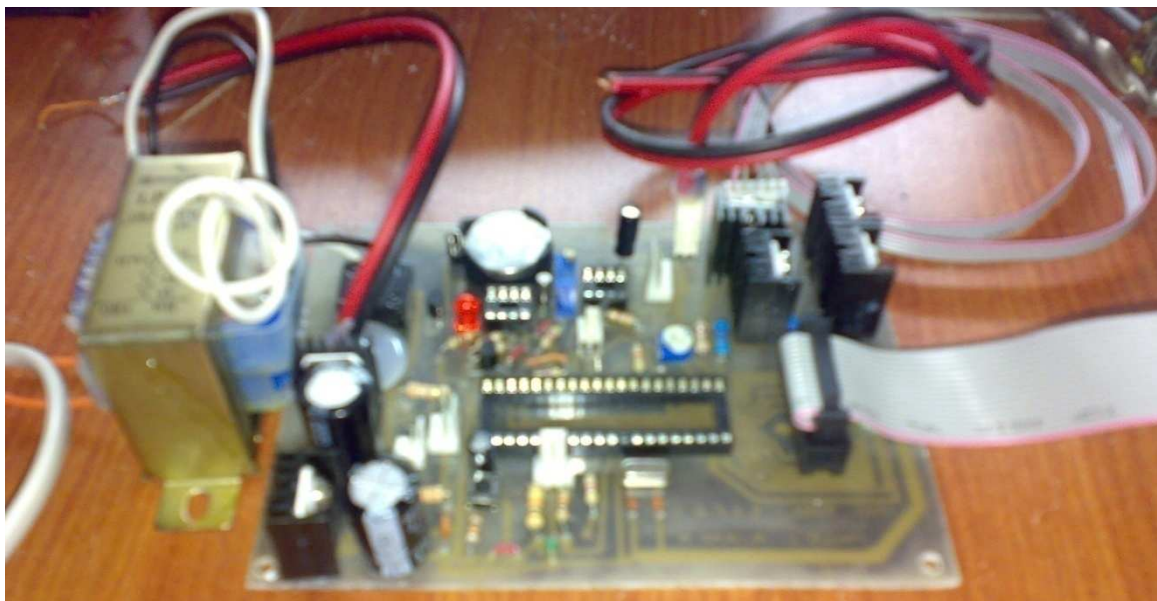


**Fig. 3.8 Placa del Circuito del Sensor LM35.**



**Fig. 3.9 Placa del circuito de los Pulsadores**





**Fig. 3.10 Placa del circuito de Control**



**Fig. 3.11 Circuito de Control y Visualización**

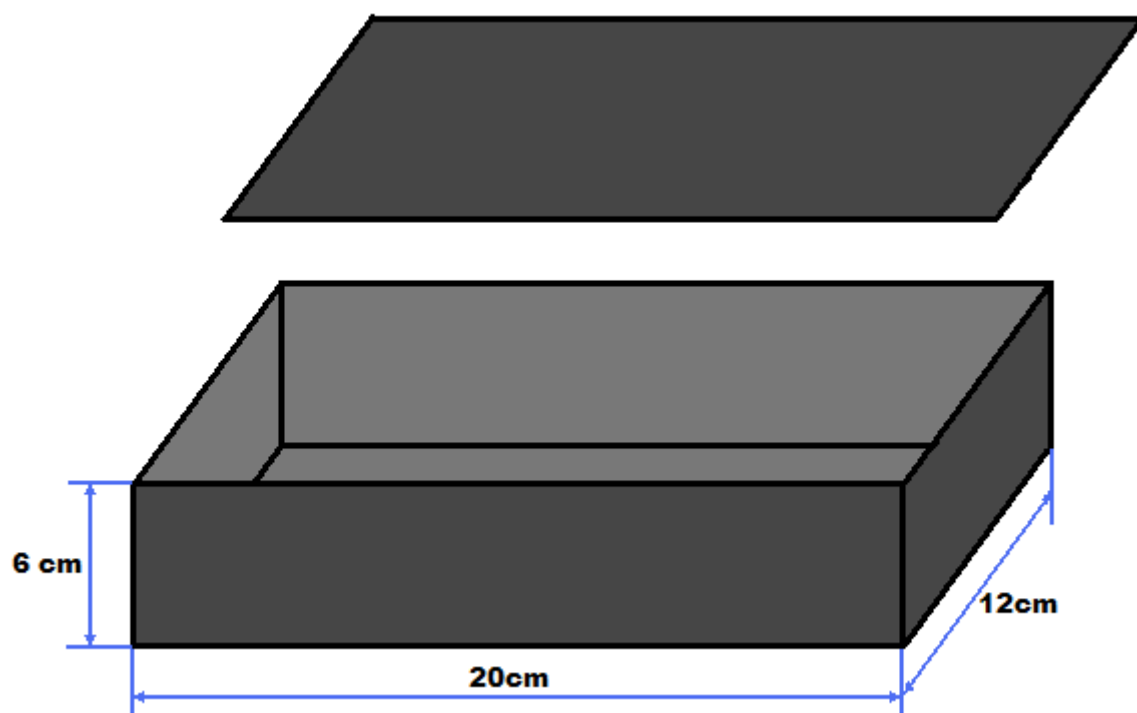


Fig. 3.12 Dimensiones de Caja plástica para tablero de control



Fig. 3.13 Placa del Circuito de Potencia del Motor de Pasos

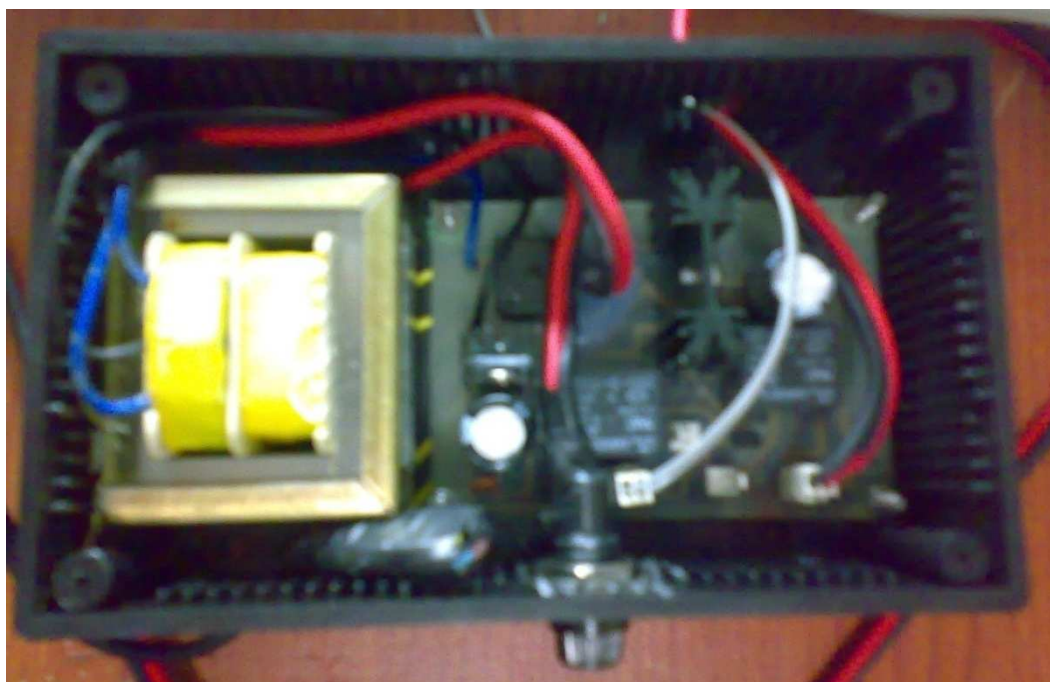


Fig. 3.14 Circuito de Potencia del Motor de Pasos

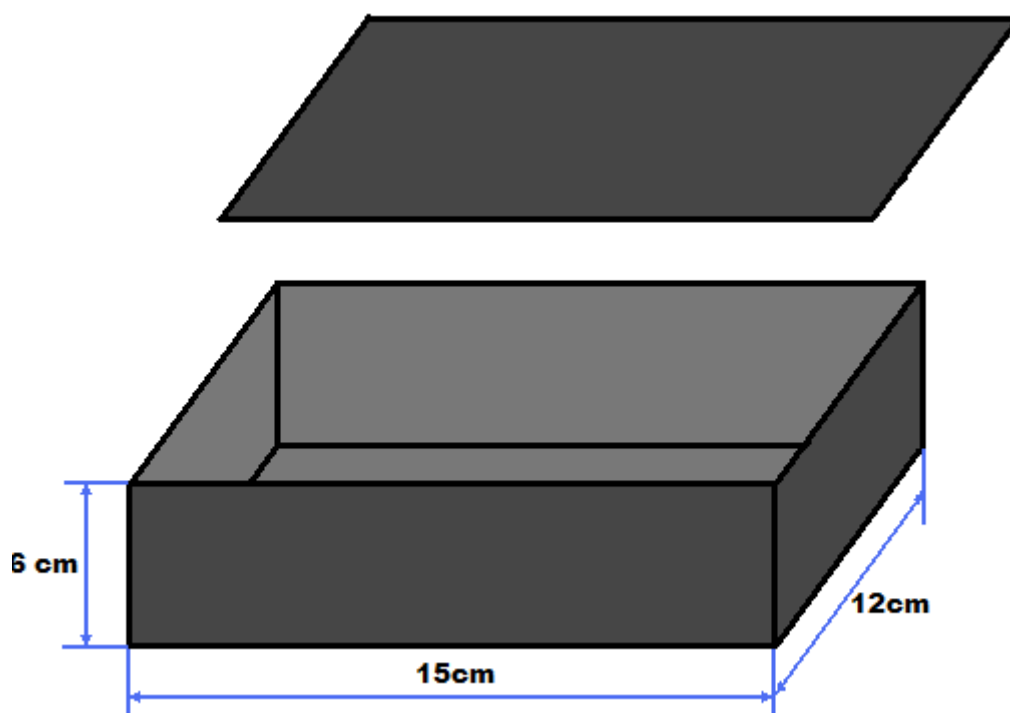


Fig. 3.15 Dimensiones de Caja plástica para el circuito de potencia

### 3.3 PRUEBAS Y RESULTADOS

Se realizaron un sin número de pruebas, las cuales consistían básicamente en comprobación de tiempos de encendido del ventilador y del calefactor, es decir se trataba de obtener tiempos similares a los de un reloj, ya que como se explico

anteriormente los tiempos que se obtenían por el TMR0 eran lentos, porque el programa era extenso, y se tenía que ir variando el número de repeticiones; logrando así vía prueba ensayo, obtener excelentes resultados en la obtención correcta de los tiempos requeridos.

La mayoría de pruebas se realizaron en el programa de este proyecto, porque se requería ir asegurando el cumplimiento de cada uno de los objetivos especificados en el plan de proyecto.

En cuanto al montaje del motor de pasos, se tuvo problemas en a la parte mecánica, ya que el motor se trababa, solucionando el problema con la colocación de un recubrimiento en los tornillos de las partes móviles, para que con la acción del movimiento del motor, no se vayan ajustando gradualmente y no provoque el trabamiento del mismo.

### 3.3.1 PRUEBAS MECÁNICAS REALIZADAS Y RESULTADOS OBTENIDOS

Se realizaron varias pruebas mecánicas, las cuales se basaron en la colocación del dispositivo de transmisión de movimiento, el cual se trataba de una palanca instalada en una polea que conectaba el motor paso a paso con la ventana (celosía), estas prueba se encuentran detalladas en la tabla 3.1.

| PRUEBA | DESCRIPCIÓN   | % de funcionamiento | RESULTADO   |
|--------|---|---------------------|---|
| 1      | Sujeción de la polea y palanca con un tornillo de 1/8 x 1'            | 30                  | La palanca se ajustaba contra la polea por acción del movimiento del motor.   |
| 2      | Sujeción de la polea y palanca con un tornillo de 5/32 x 1'           | 60                  | La palanca se ajustaba menos que en la prueba 1.                              |
| 3      | Recubrimiento de un plástico cilíndrico en el tornillo de la prueba 3 | 100                 | El motor movimiento de la ventana era suave y el funcionamiento era perfecto. |

Tabla 3.1 pruebas mecánicas y resultados obtenidos.

### 3.3.2 PRUEBA DE SENSADO DE PRESENCIA Y RESULTADOS OBTENIDOS

Las pruebas realizadas de sensado son relativas, ya que el momento de instalarse el proyecto en cualquier domicilio se tendría que calibrar al sensor para los requerimientos de dicho recinto.

Las pruebas del sensor de presencia se muestran en la tabla 3.2.

| PRUEBA | DESCRIPCIÓN   | % de funcionamiento | RESULTADO   |
|--------|---|---------------------|---|
| 1      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Selector de sensibilidad en mínimo</li> <li>• Selector de tiempo en mínimo</li> <li>• Selector de luz ambiente en mínimo.</li> </ul> | 20                  | El sensor no detectaba de forma adecuada los movimientos que se realizaban en el interior de la maqueta, provocando que no se realicen las funciones especificadas. |
| 2      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Selector de sensibilidad en medio</li> <li>• Selector de tiempo en mínimo</li> <li>• Selector de luz ambiente en mínimo.</li> </ul>  | 70                  | El sensor detectó presencia con más precisión, pero todavía no se obtenía un sensado óptimo, para los requerimientos de este proyecto.                              |
| 3      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Selector de sensibilidad en máximo</li> <li>• Selector de tiempo en mínimo</li> <li>• Selector de luz ambiente en medio.</li> </ul>  | 100                 | El sensado de movimiento fue perfecto, dejando así seleccionados los niveles de sensado, con los cuales el propio sensor dispone.                                   |

Tabla 3.2 Pruebas del sensor de presencia y resultados obtenidos.

### 3.3.3 PRUEBAS DE PROGRAMACIÓN REALIZADAS Y RESULTADOS OBTENIDOS

Estas pruebas se realizaron para determinar los tiempos correctos cuando se utilizaba el TMR0 para crear el reloj, estos tiempos fueron cambiados empíricamente.

Las pruebas realizadas para obtener tiempos correctos en la subrutina del TRM0 como reloj se muestran en la tabla 3.3

| <b>PRUEBA</b> | <b>DESCRIPCIÓN</b>  | <b>% de funcionamiento</b> | <b>RESULTADO</b>  |
|---------------|---|----------------------------|---|
| 1             | Estableciendo el número de repeticiones del programa como 31 veces, como si se tratase de solo este programa.   | 30                         | Se visualizaba que la velocidad de cambio de segundos del reloj TRM0 era más lento, que el reloj en tiempo real, relación 1 a 3                   |
| 2             | Estableciendo el número de repeticiones del programa como 15 veces, tratando de bajar empíricamente a la mitad. | 50                         | Se pudo visualizar que la velocidad de cambio de segundos del reloj TRM0 estaba 2 veces más lento que el reloj en tiempo real, relación 1 a 2     |
| 3             | Estableciendo el número de repeticiones del programa como 7 veces, tratando de reducir más el tiempo.           | 70                         | Se pudo visualizar que la velocidad de cambio de segundos del reloj TRM0 estaba 1,5 veces más lento que el reloj en tiempo real, relación 1 a 1,5 |
| 4             | Estableciendo el número de repeticiones del programa como 4 veces, tratando de obtener un tiempo correcto.      | 100                        | Se visualizó que la velocidad de cambio de segundos del reloj TRM0 estaba similar que el reloj en tiempo real, relación cercana 1 a 1             |

**Tabla 3.3 Pruebas de programación y resultados obtenidos.**

## CONCLUSIONES

- Mediante la construcción de una maqueta ilustrativa, en la cual se controló la incidencia del viento (aire en movimiento) del exterior de la misma por medio de la automatización de una ventana, por programación de un PIC, sensores de movimiento y temperatura, se logró controlar inteligentemente la temperatura de un departamento prototipo.
- El rango de temperaturas de confort establecidas según las normas ASHRAE 55 han sido obtenidas mediante experimentación y datos estadísticos, pero para obtener un ambiente de confort completo se debe tomar en cuenta la temperatura y la humedad, pero la humedad se dejará para posteriores proyectos, ya que este tema es muy extenso; siendo el objetivo principal de este proyecto el ahorro de energía utilizando una ventilación natural con el propio movimiento del aire del exterior; ya que en la investigación realizada se pudo concluir que aunque el aire exterior este a la misma temperatura del interior del recinto, la sensación de frescura es obtenida por acción del aire en movimiento.
- Controlando la apertura y cierre de una ventana de celosías, mediante motores y sistemas electromecánicos controlados por programación de un PIC, se logró controlar las altas temperaturas del ambiente interior de un departamento visualizado en una maqueta.
- La activación del sistema con la discriminación entre personas y animales se la pudo obtener calibrando los diferentes rangos de sensibilidad, tiempo e incidencia de luz del sensor de movimiento.
- Dentro de la programación del PIC se configuró subrutinas para dar la facilidad al usuario, de poder cambiar ciertos parámetros de funcionamiento del sistema.

- Los parámetros de temperatura programados de primera instancia en el PIC serán valores adecuados para un perfecto funcionamiento de todo el sistema de ventilación natural, pero estos podrán ser cambiados dependiendo del usuario, ya que como se estudio, las temperaturas confort tienen un rango, en el cual se puede jugar para obtener un ambiente confortable, ya que todas las personas no tienen el mismo sentido de percepción en cuanto a su confort frente a una temperatura determinada.
- Mediante la utilización del TRM0 del PIC se pudo realizar un reloj interno, con el cual se estableció tiempos de comparación para poder activar el ventilador cuando este sea requerido.
- Con la utilización de un Reloj en Tiempo Real DS1307, se logró obtener un reloj calendario y horario exactos, con los cuales se obtuvo parámetros precisos de comparación para las demás funciones y tiempos de activación y desactivación de los diferentes periféricos del sistema automatizado.
- Existen muchas tipos de ventilación natural: mediante el diseño de construcción de los edificios (por arquitectura y ventoleras), mediante ventanas con ventoleras, sistemas de aire acondicionado, etc. Siendo el objetivo principal no solamente el confort de las personas, sino también el cuidado de su salud, por el efecto de cambios bruscos de temperatura.
- Como en anterior estudio las personas que utilizan ventilación natural tienen un menor porcentaje de desagrado de confort, es decir tienen una mejor adaptabilidad al cambio de temperatura, este proyecto se basa en usar rangos determinados de temperatura en los cuales una persona promedio sentirá un ambiente de confort relativamente aceptable.



## RECOMENDACIONES

- Se recomienda para posteriores proyectos la implementación del control de humedad, ya que como se ha revisado en la investigación realizada, el confort térmico completo, también incluye el control de humedad.
- Un confort total viene a ser objeto de un amplio estudio de automatizaciones domiciliarias (Domótica), las cuales con ideas innovadoras para su aplicación, siendo recomendable su análisis para varios temas de estudio para tesis o nuevos proyectos.
- Se recomienda para implementaciones de mayor alcance de este proyecto, utilizar motores normales, que podrían estar manejados por variadores y PLC's, ya que el uso de motores de paso sin duda es mucho más fácil en su control, pero su costo para motores más grandes aumenta significativamente.
- Se recomienda utilizar sistemas de cadenas o bandas de correa, para controlar la apertura de las ventanas, en aplicaciones domiciliarias, para obtener mayor seguridad en el efecto requerido.
- Se recomienda utilizar sensores de proximidad ya sea inductivos o capacitivos según sea el material a sensar, para el control de apertura de las ventanas, en aplicaciones domiciliarias de mayor alcance en su estructura de edificación.
- Es recomendable realizar varias pruebas de funcionamiento de cualquier circuito, mecanismo y programa, para poder verificar su correcto funcionamiento continuo y a largo plazo, realizando los cambios necesarios si se requieren en el transcurso de dichas pruebas, hasta conseguir el objetivo esperado.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- MUHAMMAD H. RASHID “Electrónica de Potencia, circuitos, dispositivos y aplicaciones”, Segunda edición.
- REYES CARLOS A., “microcontroladores PIC, programación Basic”, Segunda Edición
- ANGULO USATEGUI JOSE M. “Electrónica General”, Tomos I, II, III, IV, V, VI, Segunda Edición.
- KOSOW I.”Máquinas eléctricas y transformadores” Pentice Hall. ES 1978
- BOYLESTAD “Introducción al análisis de circuitos”, 10th Edición.
- Mc GRAW HILL Book Company, Madenhead, Berkshire

Traducción, PARANINFO, S.A.,Madrid, ISBN: 84-283-1020-3, 1984

- CONTROL DE TEMPERATURA CON LM335  
<http://www.klugers.net/web/proyectos/4-medicion-de-temperatura-con-lm335>
- COMPONENTES ELECTRÓNICOS  
[http://www.klugers.net/web/contenido/proyectos/medicion\\_lm335/componentes/finder\\_relay\\_\(s30en\).pdf](http://www.klugers.net/web/contenido/proyectos/medicion_lm335/componentes/finder_relay_(s30en).pdf)
- LM335  
[http://books.google.com.ec/books?id=Jd-TIqo3EkIC&pg=PA74&lpg=PA74&dq=LM335&source=bl&ots=sBgIRDfB5w&sig=T7NwAj7XRN7u6c7J4Kz2B6d9HbM&hl=es&ei=S36yStC8luqStgfJj9jEDg&sa=X&oi=book\\_result&ct=result&resnum=7#v=onepage&q=LM335&f=false](http://books.google.com.ec/books?id=Jd-TIqo3EkIC&pg=PA74&lpg=PA74&dq=LM335&source=bl&ots=sBgIRDfB5w&sig=T7NwAj7XRN7u6c7J4Kz2B6d9HbM&hl=es&ei=S36yStC8luqStgfJj9jEDg&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=7#v=onepage&q=LM335&f=false)
- PRACTICAS ELECTRÓNICAS  
[http://ocw.uc3m.es/tecnologia-electronica/instrumentacion-electronica-i/practicas-1/practica\\_1.pdf](http://ocw.uc3m.es/tecnologia-electronica/instrumentacion-electronica-i/practicas-1/practica_1.pdf)

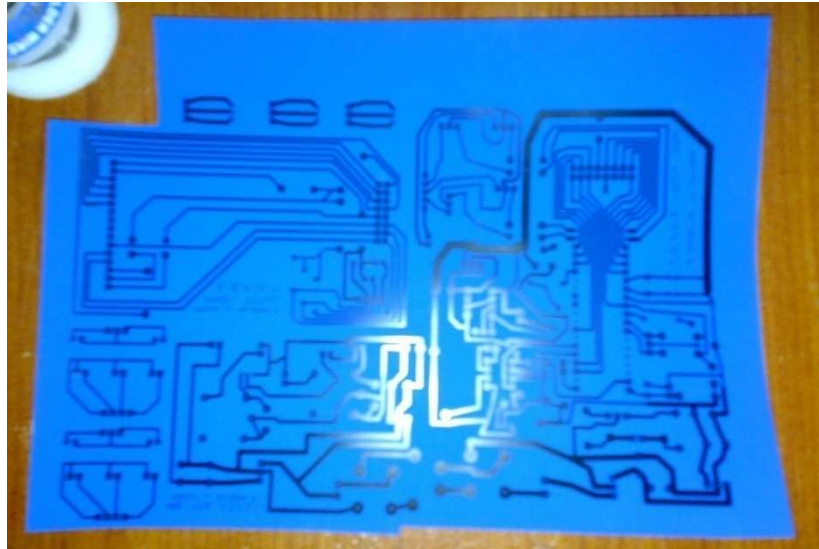
- TRANSISTOR DARLINGTON  
<http://roble.pntic.mec.es/~jsaa0039/cucabot/darlington-tip120.html>
- DATA SHEET DARLINGTON TRANSISTOR  
<http://pdf1.alldatasheet.es/datasheet-pdf/view/229731/ETC/TIP120.html>
- MEDICIÓN DE TEMPERATURA Y DISPOSITIVOS DE MEDICIÓN DE TEMPERATURA  
<http://www.tuobra.unam.mx/obrasPDF/publicadas/070629175445.html>
- VENTILACIÓN (ARQUITECTURA)  
[http://es.wikipedia.org/wiki/Ventilaci%C3%B3n\\_\(arquitectura\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Ventilaci%C3%B3n_(arquitectura))
- EDIFICIOS CONFORTABLES SIN AIRE ACONDICIONADO  
<http://www.solociencia.com/arquitectura/06071802.htm>
- VENTILACIÓN NATURAL DE EDIFICIOS, escrito por Eduardo Yarque  
[http://books.google.com.ec/books?id=Z4cUzMGDpl8C&pg=PA10&lpg=PA10&dq=VENTILACION+NATURAL&source=bl&ots=YmAwOcPUMj&sig=fhMxYmjbXoHBWEOipCommzPFpYY&hl=es&ei=QoSySu7qGaP8tgfoudW\\_Dg&sa=X&oi=book\\_result&ct=result&resnum=13#v=onepage&q=&f=false](http://books.google.com.ec/books?id=Z4cUzMGDpl8C&pg=PA10&lpg=PA10&dq=VENTILACION+NATURAL&source=bl&ots=YmAwOcPUMj&sig=fhMxYmjbXoHBWEOipCommzPFpYY&hl=es&ei=QoSySu7qGaP8tgfoudW_Dg&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=13#v=onepage&q=&f=false)
- PROYECTOS PRÁCTICOS DE ELECTRÓNICA Y ROBÓTICA  
<http://www.webelectronica.com.ar/news13/nota08.htm>
- CONFORT TÉRMICO  
<http://www.esi2.us.es/~fcuesta/tempLCPI.pdf>
- SENSOR DE MOVIMIENTO INFRARROJO (PIR)  
[http://www.roso-control.com/Espanol/iBOARD/170\\_iBOARD\\_Ping\\_IR/IR\\_Move/IRED.pdf](http://www.roso-control.com/Espanol/iBOARD/170_iBOARD_Ping_IR/IR_Move/IRED.pdf)
- DETECTOR PIR  
<http://www.infrarrojos.net/lecciones/pir.html>
- CONTROL DE TEMPERATURA A CICLOS ENTEROS  
<http://html.rincondelvago.com/control-de-temperatura-a-ciclos-enteros.html>
- ACONDICIONAMIENTOS  
<http://www.geocities.com/opayan/Acondisionamiento.htm>
- ELECTRÓNICA INDUSTRIAL Y CONTROLES  
<http://www1.uprh.edu/clguve/Industrial/conferencias/contruno.pdf>
- FUNDAMENTOS DE SENSADO

[http://www.absaweb.com.mx/boletines/B\\_Sep\\_2006/archivos/filefundamentos\\_de\\_sensado.pdf](http://www.absaweb.com.mx/boletines/B_Sep_2006/archivos/filefundamentos_de_sensado.pdf)

- SENSORES PARA DOMÓTICA E INMÓTICA  
[http://www.fing.edu.uy/iimpi/academica/grado/instindustrial/teorico/080310-Sensores-parte\\_V.posici%C3%B3n.pdf](http://www.fing.edu.uy/iimpi/academica/grado/instindustrial/teorico/080310-Sensores-parte_V.posici%C3%B3n.pdf)
- DETECTOR INFRARROJO DE PROXIMIDAD  
<http://www.pablin.com.ar/electron/circuito/varios/proximid/index.htm>
- [http://www.downloads.industrial.omron.de/.../technologytrends\\_04\\_2004\\_ES.pdf](http://www.downloads.industrial.omron.de/.../technologytrends_04_2004_ES.pdf)
- LM 35  
<http://www.ucontrol.com.ar/wiki/index.php/LM35>
- SENSORES  
<http://www.x-robotics.com/sensores.htm#LM35>
- DATA SHEET LM358  
[http://www.datasheetcatalog.net/es/datasheets\\_pdf/L/M/3/5/LM358.shtml](http://www.datasheetcatalog.net/es/datasheets_pdf/L/M/3/5/LM358.shtml)
- HOW INFRARED MOTION DETECTOR COMPONENTS WORK  
<http://www.glolab.com/pirparts/infrared.html>

## **ANEXOS**

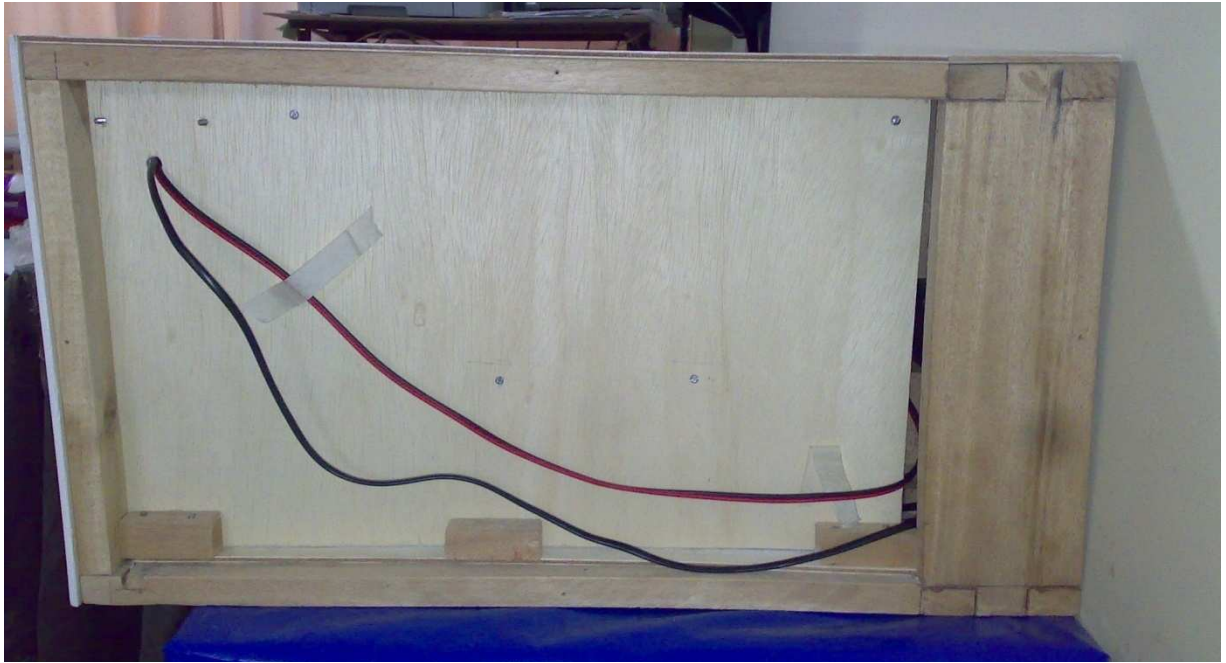
## **4 ANEXO 1. FOTOGRAFÍAS VARIAS DEL PROYECTO**



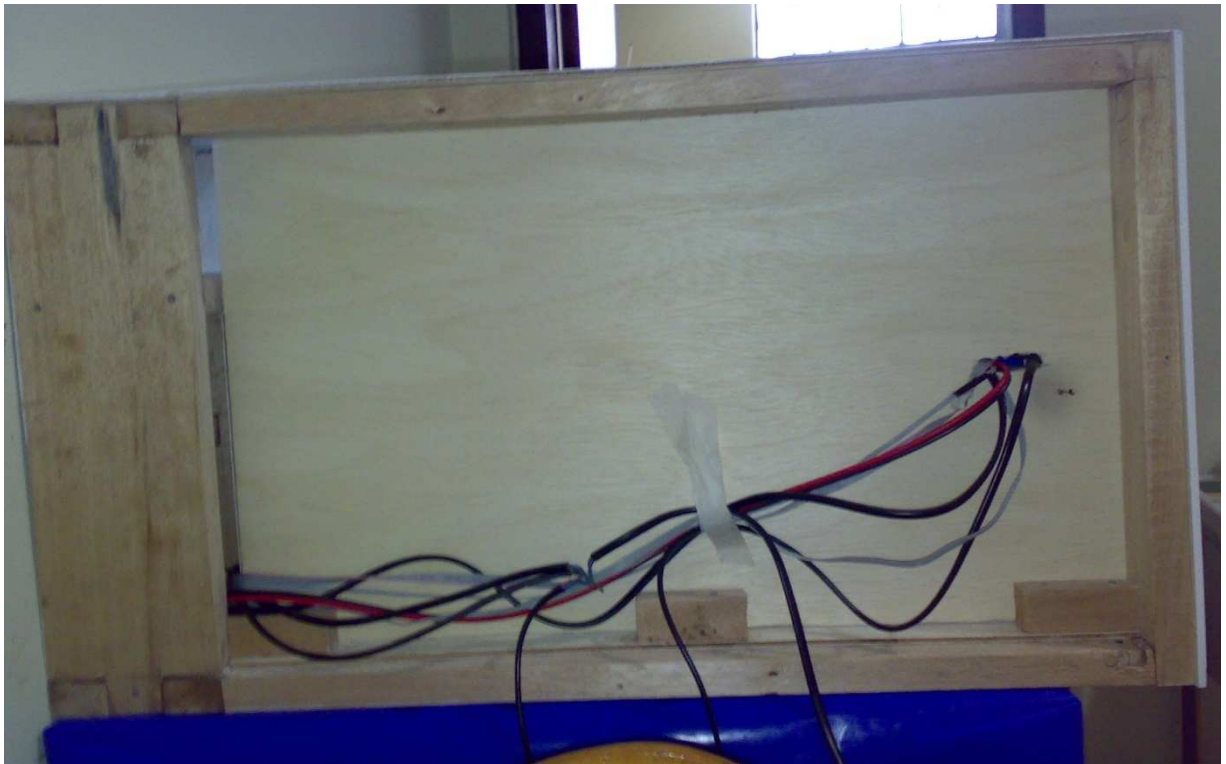
Anexo 1. 1 Lámina de transfer con circuito impreso



Anexo 1. 2 Vista del interior de la maqueta

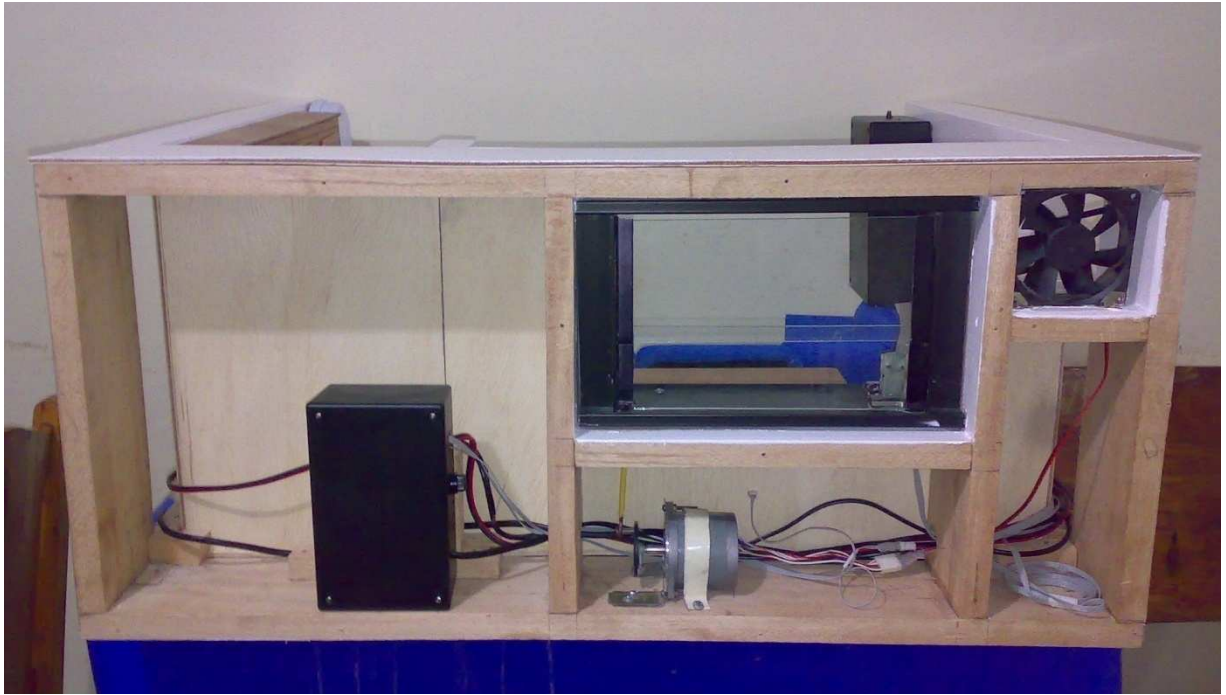


**Anexo 1. 3 Interior de la pared izquierda**

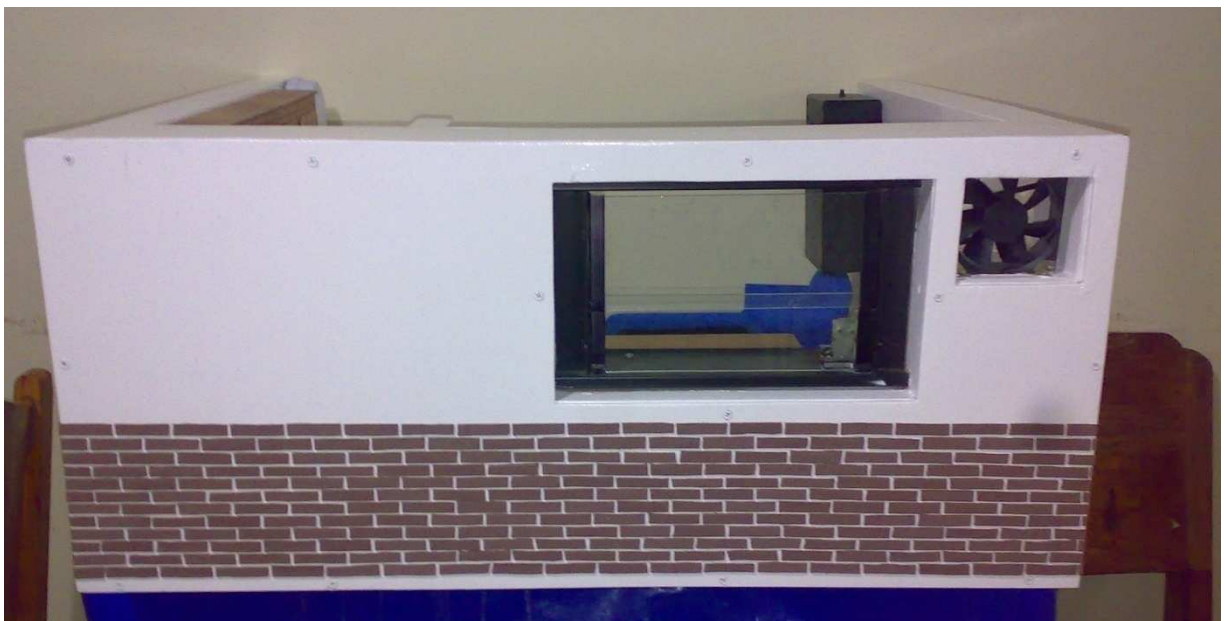


**Anexo 1. 4 Interior de la pared derecha**





**Anexo 1. 5 Interior de la pared frontal**

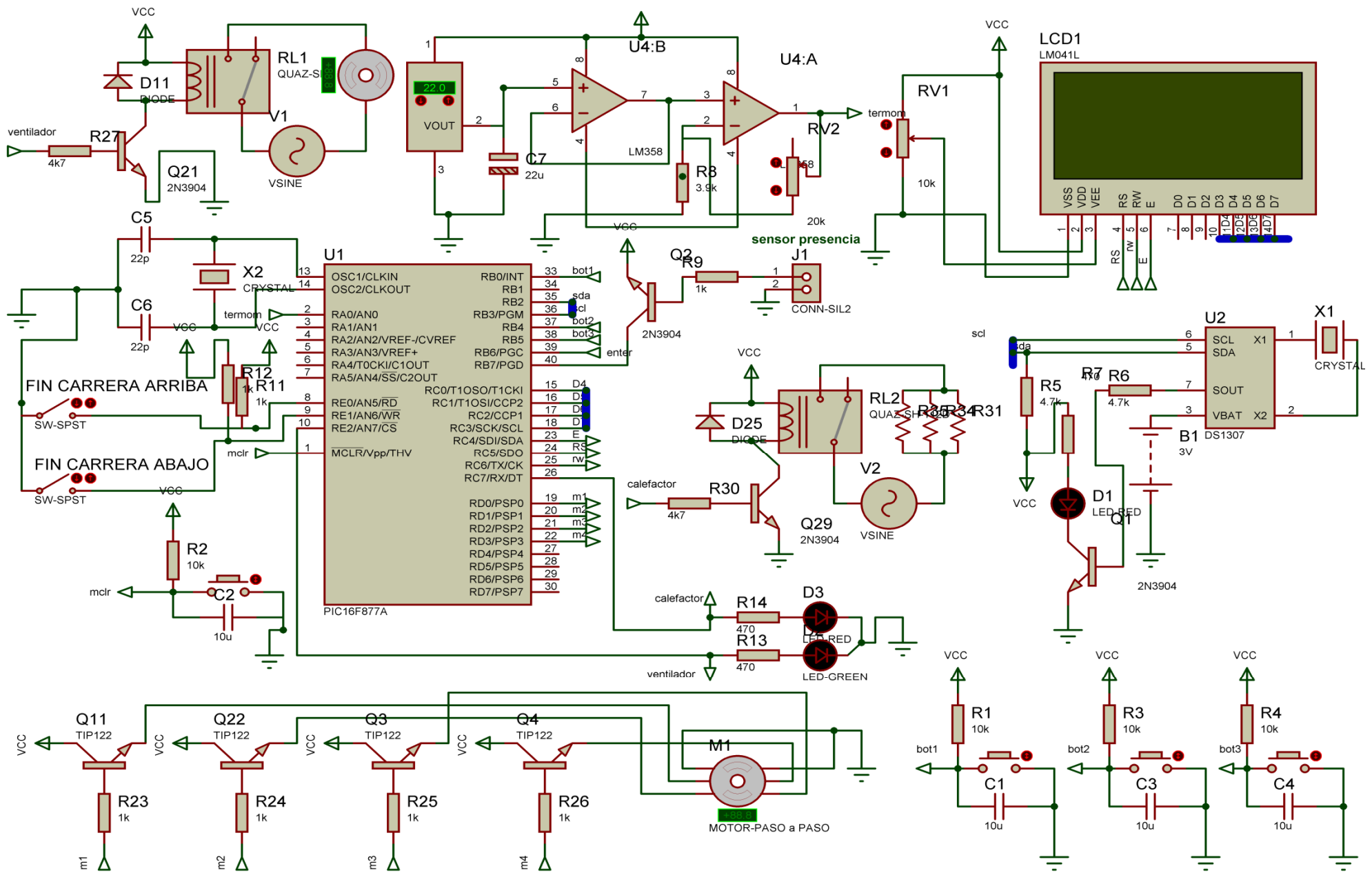


**Anexo 1. 6 Pared frontal con cubierta**



**Anexo 1. 7 Pared izquierda con cubierta**

## **5 ANEXO 2. DIAGRAMA COMPLETO DEL CIRCUITO UTILIZADO**



Anexo 2. 1 Diagrama circuital del proyecto

## **6 ANEXO 3. HOJAS VARIAS DE DIFERENTES DATA SHEETS**