

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

## **ESCUELA DE INGENIERÍA**

**DESARROLLO DE UN DISPOSITIVO QUE MIDA LA DISTANCIA  
A UN OBJETO EMULANDO EL EFECTO DE UN BASTÓN  
BLANCO PARA PERSONAS INVIDENTES**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERA EN  
ELECTRÓNICA Y CONTROL**

**NEYDI LORENA ÑIACASHA UTRERAS**

**DIRECTOR: Ing. NELSON SOTOMAYOR**

**Quito, mayo 2004**

## DECLARACIÓN

Yo NEYDI LORENA ÑIACASHA UTRERAS 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.



---

**Neydi Niacasha Utreras**

## CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por NEYDI ÑIACASHA UTRERAS, bajo mi supervisión.



---

**Ing. Nelson Sotomayor**  
**DIRECTOR DE PROYECTO**

## **AGRADECIMIENTOS**

A mis padres que me apoyaron durante cada paso de mi vida incentivándome y dándome fuerzas para seguir adelante hasta alcanzar una de mis metas. A mis hermanos por darme aliento y compañía.

A la Poli por brindarme enseñanzas que no se limitaron a las aulas. A aquellos maestros que supieron no solo impartir conocimientos sino también enseñarme a ser justa y correcta en mis acciones.

A los amigos que durante mi paso por la Poli me mostraron el verdadero valor de la amistad y que hoy me demuestran su apoyo.

A Xavier por haber compartido conmigo cada paso de mis estudios y ayudarme a caminar cuando yo veía difícil el seguir.

# CONTENIDO

RESUMEN	.....i
PRESENTACIÓN	..... ii
CAPITULO 1 FUNDAMENTOS BÁSICOS	.....1
1.1 AYUDAS A LA MOVILIZACIÓN DE NO VIDENTES.....	2
1.2 SENSORES DE DISTANCIA	.....19
1.3 MOTOR DE VIBRACIÓN	.....23
1.4 SISTEMA A DESARROLLARSE	.....25
CAPITULO 2 DISEÑO DEL PROTOTIPO	.....26
2.1 FUENTE DE ALIMENTACIÓN	.....27
2.2 MICROCONTROLADOR PIC	.....28
2.3 TRANSMISOR DE ULTRASONIDO	.....30
2.4 RECEPTOR DE ULTRASONIDO	.....32
2.5 MOTOR DE VIBRACIÓN	.....34
2.6 DISPLAYS	.....35
2.7 LISTA DE ELEMENTOS Y COSTO	.....37
CAPITULO 3 PROGRAMA DE CONTROL	.....38
3.1 CONFIGURACIÓN INICIAL	.....39
3.2 PROGRAMA PRINCIPAL	.....41

3.3 SUBROUTINAS EMPLEADAS	.....	43
3.4 SUBROUTINAS EN INTERRUPCIONES	.....	45
3.5 DIAGRAMAS DE FLUJO	.....	48
CAPITULO 4 PRUEBAS Y RESULTADOS	.....	64
4.1 UBICACIÓN DE SENSORES	.....	65
4.2 DETECCIÓN DE DIFERENTES MATERIALES.....	.....	68
4.3 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO	.....	71
CAPITULO 5 CONCLUSIONES RECOMENDACIONES.....	.....	74
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	.....	77
ANEXOS		

## RESUMEN

Sobrepasar los impedimentos que por diversas causas se presentan en la vida del hombre es de gran importancia para su consiguiente desarrollo, por ello con este proyecto se buscará brindar una herramienta a las personas que por diversas razones no cuentan con el sentido de la vista.

Las personas invidentes suelen comúnmente utilizar para su movilización un bastón, este puede ser reemplazado por un perro guía con un entrenamiento especializado; tanto el bastón como el perro guía ofrecen información sobre el medio que les rodea que pueden ser interpretadas de manera que las personas que los emplean mantengan una movilización de forma independiente.

El presente trabajo desarrollará un dispositivo que brindará la información que ofrece un bastón sin emplear el bastón mismo; para transmitir dicha información se emplearán vibraciones de diferentes frecuencias en la mano del usuario.

El dispositivo a desarrollar en este proyecto utilizará como elemento inteligente un microcontrolador PIC que con ayuda de elementos electrónicos cumplirá de la mejor manera posible la función que es desempeñada por el bastón blanco tradicional.

## PRESENTACIÓN

Durante la vida cotidiana no se toma en cuenta el verdadero significado de cada una de las funciones que se realiza de manera inconsciente como por ejemplo observar el camino a seguir y coordinar cada parte del cuerpo para conseguir este propósito, sin embargo al tener impedimentos en el desenvolvimiento normal de alguna actividad propia de la vida del hombre, se puede llegar a valorar la perfecta estructura y funcionamiento del ser humano.

El sentido de la vista es esencial para la movilización de las personas por ello cuando no se cuenta con éste, es necesario buscar reemplazar esta fuente de información aprovechando otros sentidos.

Este proyecto buscará desarrollar un dispositivo que emule el funcionamiento de un bastón blanco para personas invidentes sensando la distancia a los objetos que se aproximen.

Aprovechando el desarrollo del sentido del tacto que se presenta por la carencia de la vista, se transformará la distancia sensada en una señal en forma de vibración que el usuario percibirá en la propia mano, con una frecuencia mayor cuanto menor sea la distancia del objeto interceptado por el sensor.

Para alcanzar el objetivo establecido se analizarán en el Capítulo 1 algunas de las ayudas existentes para la movilización de las personas no videntes, además se analizará brevemente el principio empleado por varios sensores de distancia existentes, escogiendo entre estos el más adecuado para ser empleado en esta aplicación.

La señal generada por el sensor requerirá de un acondicionamiento adecuado que será diseñado de manera que permita llevar dicha señal hacia el microcontrolador PIC que se empleará como elemento inteligente; éste y todos los diseños empleados en el desarrollo del dispositivo serán analizados en el Capítulo 2.



El microcontrolador PIC contará con un programa de control que se encargará de tomar la señal acondicionada del sensor y la transformará en un valor que represente la distancia a la cual se halla el objeto interceptado, en el Capítulo 3 se dará una explicación del programa principal y de las subrutinas empleadas, además se presentarán los diagramas de flujo de cada una de ellas.

Se realizarán pruebas del funcionamiento del prototipo, corrigiéndose los errores que se presenten hasta obtener el diseño más adecuado y el programa que cumpla de mejor manera con las características buscadas, estas pruebas junto con los resultados obtenidos serán presentados en el Capítulo 4.

✓  
Se finalizará presentando en el Capítulo 5 las Conclusiones y Recomendaciones que se generen en el desarrollo del presente proyecto.

## FUNDAMENTOS BÁSICOS

Para una adecuada comprensión de la función que debe cumplir el dispositivo a desarrollar se buscará conocer sobre algunas de las ayudas existentes para la movilización de las personas no videntes, iniciando con la descripción del bastón blanco del cual se emulará el funcionamiento.

Debido a que en el presente proyecto se requerirá sensar la distancia desde el usuario hasta un objeto que se aproxime, se considera necesario realizar un breve análisis de algunos tipos de sensores de distancia existentes.

Para generar las vibraciones se empleará un motor de vibración por lo cual se considerarán también las características de este elemento, así como los efectos de las vibraciones en los seres humanos.

### 1.1 AYUDAS A LA MOVILIZACIÓN DE NO VIDENTES

Las personas invidentes físicamente no tienen impedimentos para realizar los movimientos que determinan el caminar, pero al carecer del sentido de la vista sienten inseguridad y temor al moverse, esto afecta su habilidad para establecer relaciones con los objetos, y su capacidad de representación mental del espacio.

Por mucho tiempo se han realizado estudios en diferentes lugares con un objetivo específico, el dotar al no vidente de instrumentos y técnicas que permitan y faciliten su movilización.

Los diferentes estudios realizados basan su trabajo en ofrecer a las personas que carecen del sentido de la vista, la información que éste provee aprovechando los sentidos con los que cuentan, cada sentido brinda características especiales que pueden ser aprovechadas, estas son:

- El sentido auditivo, que proporciona información sobre distancia, orientación, tamaño, peligro y dirección.

- El sentido del tacto, que brinda sensaciones de variaciones de presión, temperatura y con adecuada estimulación brindará sensaciones de orientación y memoria muscular.
- El sentido del olfato que permite obtener información sobre distancia, orientación y diferenciación .

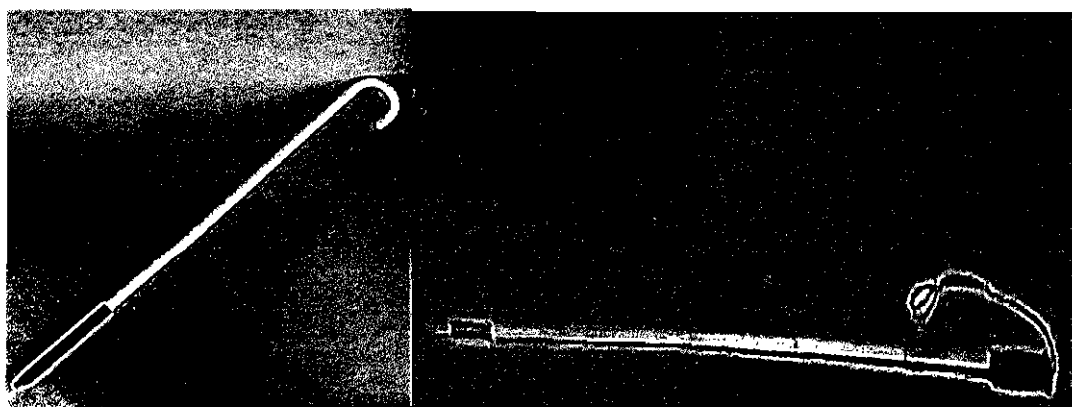
A continuación se describirán algunas de las ayudas existentes para los no videntes desarrolladas en diversos centros de investigaciones.

### 1.1.1 EL BASTÓN BLANCO

El bastón de manera general ha sido utilizado desde épocas remotas como una herramienta para el hombre cuando por condiciones físicas o por las características del terreno se dificultaba su caminar, pero también ha constituido una ayuda en la movilización para las personas que tienen la vista deteriorada.

El bastón blanco, que también se conoce como bastón largo, es promovido como una ayuda para no videntes después de la primera guerra mundial, dando a los portadores del mismo protección y derecho de paso.

Los bastones destinados para este tipo de uso se construyen principalmente metálicos pero existen de fibra de vidrio, plegables, rígidos, y tipo telescopio. En la Figura 1.1 se observan ejemplos de bastón blanco.



( a )

( b )

Figura 1.1 Bastón Blanco ( rígido ( a ) y plegable ( b ) )

---

El bastón constituye una extensión del brazo de la persona para detectar objetos debajo de la cintura; al realizar un recorrido en una trayectoria semi-circular el bastón indicará los obstáculos, la presencia de hoyos, gradas o banquetas que se presentan en el camino.

Para el mayor aprovechamiento en el uso del bastón blanco se debe brindar una adecuada instrucción que le permita al invidente una orientación en su medio ambiente y que facilite la movilidad durante su uso, esta instrucción es impartida por diversas organizaciones en todo el mundo, entre las que se destaca el Club de Leones que cuenta con miembros que realizan su labor en diferentes países.

Las organizaciones han creado centros y escuelas de rehabilitación para la vista donde se realiza un entrenamiento a fin de que las personas en esta situación puedan aprovechar los sentidos con los que cuentan.

El uso del bastón blanco se ha convertido en el principal instrumento de ayuda a la movilización de un invidente no sólo por la relativa facilidad en el aprendizaje sino también por su bajo costo.

### **1.1.2 PERROS GUÍAS**

Los perros guías al igual que el bastón constituyen una ayuda en la movilización de no videntes que es relativamente sencilla de emplear pero que resulta mucho más costosa.

Para obtener un perro que pueda cumplir con las tareas de "lazarillo" se lleva a cabo una gran selección y cerca de 300 horas de adiestramiento especializado, de ahí su costo.

El perro seleccionado de acuerdo a sus habilidades e inteligencia aprenderá en una escuela especializada como evitar obstáculos, encontrar puertas, guiar hacia asientos libres, y otras actividades, pero vivir al lado de su amo las 24 horas es un constante adiestramiento que hace que cada perro guía tenga habilidades particulares, dependiendo de la relación de cooperación mutua entre el perro y su

amo. En la Figura 1.2 se muestra un perro con el arnés que emplea para guiar a un invidente.

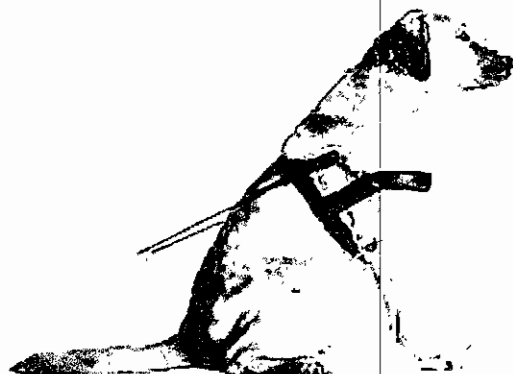


Figura 1.2 Perro Guía

El realizar desplazamientos para el invidente con la ayuda de su perro guía no se trata de un simple seguimiento del perro, sino que está ligado a diversas aptitudes, actividades intelectuales, comportamientos, sentidos de percepción y de actividades motoras, por lo que constituye un aprendizaje diferente al necesario para el desplazamiento con ayuda del bastón blanco, que es de orden táctil.

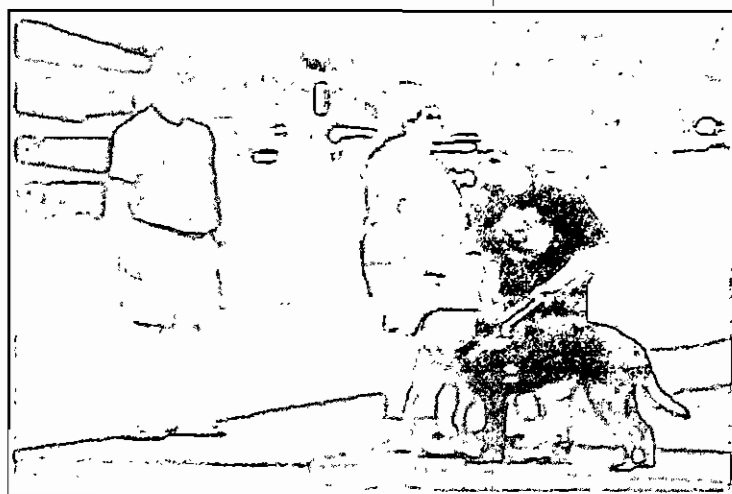


Figura 1.3 Aprendizaje de Movilización con Perro Guía

Sin importa el medio donde se realice la movilización, la persona invidente debe aprender a identificar y diferenciar cada una de las señales de su guía. En la

---

Figura 1.3 se observa el desplazamiento con ayuda de un perro guía, parte del aprendizaje requerido por el no vidente.

### **1.1.3 SEEING AID**

El SEEING AID es uno de los primeros sistemas electrónicos creados para brindar ayuda en la movilización de personas no videntes, para registrar objetos en el camino del usuario emplea emisión de señales infrarrojas. Los leds infrarrojos de bajo costo son montados en gafas y emite un tono cuando se registra un objeto, el sistema emplea un rayo estrecho de la señal permitiendo al usuario escoger la dirección para explorar el camino a seguir [1].

### **1.1.4 MOWAT SENSOR**

El sensor MOWAT es un dispositivo basado en ultrasonidos que se lleva en la mano y que al detectar obstáculos indica la distancia entre el usuario y el objeto detectado empleando vibraciones cuya frecuencia es inversamente proporcional a la distancia [2].

Este sistema fue diseñado para emplearse como una ayuda al bastón o al perro guía.

### **1.1.5 NOTTINGHAM OBSTACLE DETECTOR**

El detector de obstáculos NOTTINGHAM es un dispositivo sonar que para indicar la presencia de obstáculos emplea una señal auditiva, tiene ocho niveles discretos de distancia que son identificados por diferentes tonos musicales [1].

### **1.1.6 POLARON**

El dispositivo POLARON es un detector de obstáculos diseñado como una ayuda adicional al uso del bastón blanco o del perro guía, no de reemplazo. Emplea sensores de ultrasonido para la detección de objetos y tiene posibilidad de indicar obstáculos de manera auditiva y de manera táctil empleando vibraciones de acuerdo a la selección que se realice mediante un switch con el que cuenta para este objetivo [3].

Es un dispositivo que brinda seguridad y es construido para ser llevado en la mano como muestra la Figura 1.4.

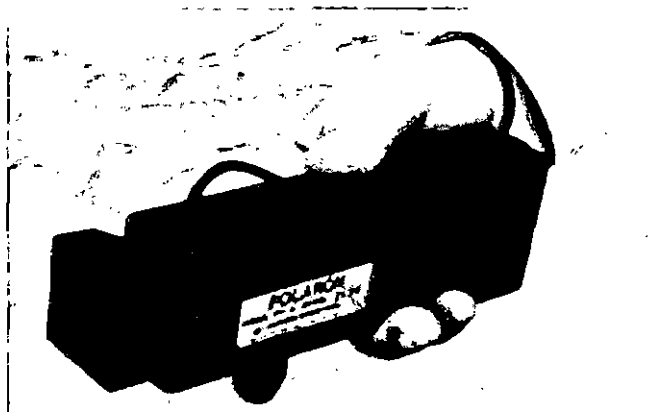


Figura 1.4 Dispositivo Polaron

#### 1.1.7 RUSSELL PATHSOUNDER

Este dispositivo es una de las ayudas a la movilización de los no videntes, posee dos sensores de ultrasonido en una base que el usuario lleva alrededor del cuello a la altura del pecho, tiene tres niveles discretos de detección que se indican con sonidos.

No requiere activación manual para sensor el ambiente que rodea al usuario, pero el movimiento del torso es el que permite una mejor detección [4].

#### 1.1.8 SONICGUIDE o BINAURAL SENSORY AID [5]

La guía sónica es un detector de obstáculos, que coloca un sistema de ultrasonido en gafas, en el cual los receptores se colocan en los extremos y el emisor se ubica en la parte central, como se puede ver en la Figura 1.5.



Figura 1.5 Sonicguide

Establece una diferencia que posibilita la detección del lado en el que se encontró un obstáculo, y para notificar si los objetos se acercan varía la frecuencia de una señal sonora.

Su principal desventaja es que no detecta obstáculos a nivel del piso, por lo que debe emplearse junto con otra ayuda como el bastón blanco.

#### 1.1.9 TRISENSOR o KASPA

El sistema Kaspas es una mejora del sistema sonicguide, en el cual se cambian las gafas por una banda que el usuario lleva en la cabeza, el equipo que forma el dispositivo se muestra en la Figura 1.6.

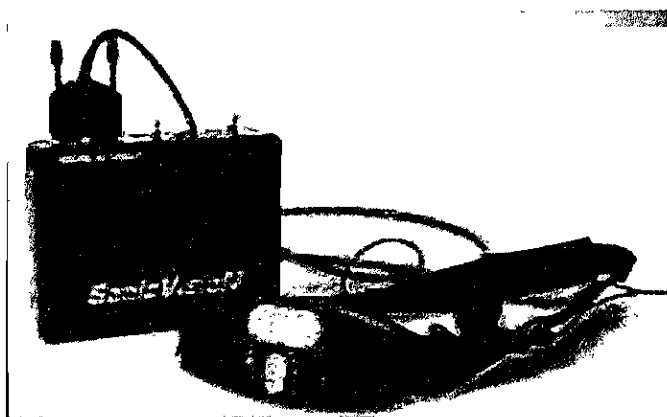


Figura 1.6 Sistema Trisensor o Kaspas

En este dispositivo se aumenta la resolución, el usuario recibe la información en tiempo real y al girar su cabeza puede enfocar su atención en un objeto específico de la manera como lo hace una persona que cuenta con el sentido de la vista [6].



Este equipo informa al usuario a través de señales de audio, el sonido permite reconocer diferentes cosas en el camino.

#### 1.1.10 SONIC PATHFINDER

Este sistema emplea la emisión sonar, cuenta con tres receptores que se hallan montados en un equipo que el usuario lleva en la cabeza como muestra la Figura 1.7, el sistema es controlado por un computador que genera notas de la escala musical para notificar al usuario la detección de objetos.

Al acercarse un objeto varía el tono de nota musical que el usuario escuchará en el oído correspondiente al lado en el que fue detectado el objeto, si se trata de un objeto al frente, se escuchará la señal sonora en los dos oídos [1].

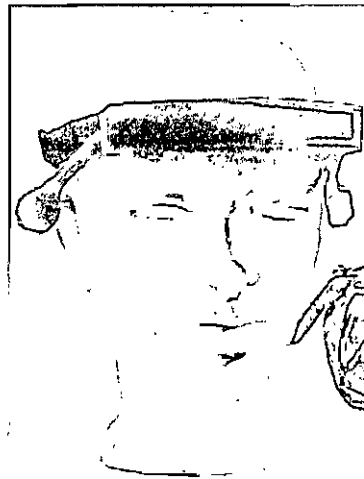


Figura 1.7 Sonic Pathfinder

#### 1.1.11 SISTEMA VOICE

Este sistema toma las imágenes en escala de grises desde una cámara colocada en gafas, las lleva a un computador que el usuario lleva en la espalda y las transforma en sus correspondientes sonidos, llevándolos a los audífonos que emplea creando un espacio de sonidos.

La resolución del sistema es de 64 x 64 píxeles y diferencia 16 tonos de grises, detecta obstáculos en 60 grados por delante del usuario.

Con ayuda de este sistema el usuario puede crear una representación del ambiente que le rodea, en la Figura 1.8 se observa a una persona invidente empleando el sistema vOICe [7].



Figura 1.8 Sistema Voice

#### 1.1.12 MINIGUIDE

El sistema miniguide es un dispositivo diseñado para ser empleado como un accesorio para las personas invidentes, no reemplaza al bastón blanco o al perro guía, este dispositivo tiene como ventaja ser pequeño como se muestra en la Figura 1.9.

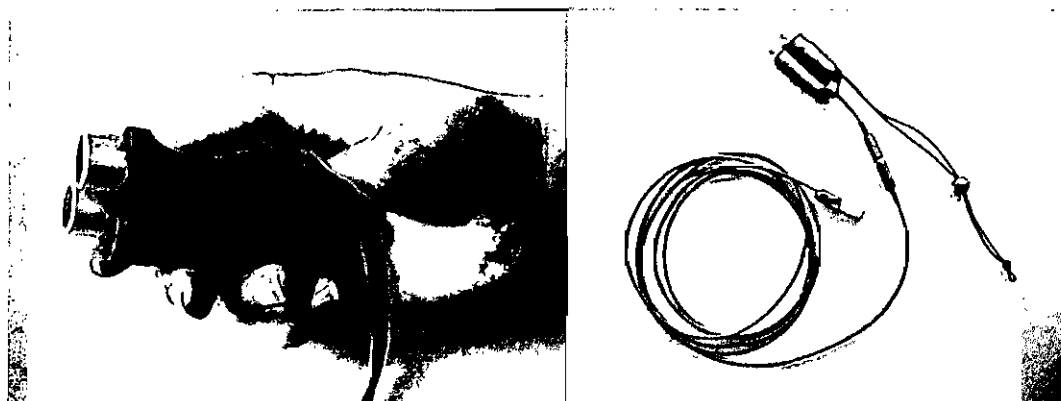


Figura 1.9 Sistema Miniguide

Emplea sensores de ultrasonido y para indicar la distancia tiene una versión construida con indicación auditiva y una versión táctil.

En la versión auditiva se indica con diferentes tonos la variación de distancia de manera discreta, cuenta con varios modos de funcionamiento, como variar cada 20 centímetros con alcance de 4 metros, variar cada 20 centímetros con alcance de 2 metros y modo de operación de ahorro de energía que genera la señal sonora cuando la distancia al obstáculo es menor a 1 o 2 metros dependiendo de la selección.

En la versión táctil el dispositivo es de mayor tamaño que el correspondiente al modo auditivo, cuenta con una pequeña unidad de vibración, el modo de funcionamiento es similar al modo auditivo.

Resumiendo las características del dispositivo MINIGUIDE se tiene que es de bajo costo, pequeño en tamaño, posee varios modos de funcionamiento, un rango máximo de cuatro metros, existe versión auditiva y versión táctil y permite larga vida de la batería [8].

### **1.1.13 NAVBELT**

El sistema Navbelt es un dispositivo portátil equipado con sensores de ultrasonido, cuyas señales acondicionadas van a un computador que el usuario lleva en la espalda, el computador genera las señales sonoras que van a los audífonos con que cuenta el prototipo, como se puede ver en la Figura 1.10.

Cuenta con dos modos de operación, en el modo imagen, busca obstáculos en el espacio definido por 120° frente al usuario y con señales de sonidos indica en que direcciones hay objetos interponiéndose y en que direcciones el camino está libre.

En el otro modo de operación llamado modo teledirigido, el sistema debe conocer el punto al que debe llegar y partiendo de la posición en la que se halla llevará al no vidente al destino escogido, para lo cual emitirá un sonido una vez determinado el camino a seguir [9].

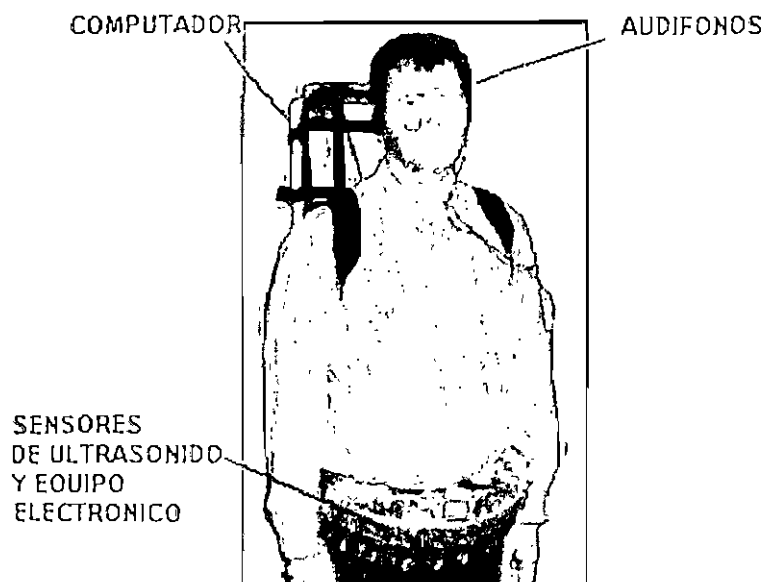


Figura 1.10 Sistema Navbelt

#### 1.1.14 PERSONAL ADAPTIVE MOBILITY FOR FRAIL AND ELDERLY BLIND PEOPLE (PAM AID)

El sistema PAM AID o movilidad adaptativa personal para personas ciegas débiles y de avanzada edad emplea la tecnología de automatización industrial para permitir que los usuarios mantengan su autonomía de movilización. El equipo se muestra en la Figura 1.11.

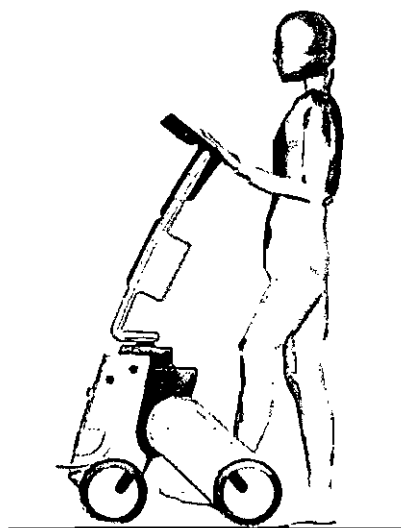


Figura 1.11 Sistema Pam Aid

Cuenta con tres modos de operación, en el modo de control humano indica la presencia de un obstáculo e interviene si representa peligro, en el modo de control sin supervisión el equipo avanza evitando los obstáculos y en el modo compartido el sistema realiza pequeños ajustes para minimizar el riesgo de colisión [10].

### 1.1.15 GUIDECANE

Este dispositivo es un seguro y rápido detector de obstáculos. Posibilita la detección de mobiliario, de otras personas, de postes, irregularidades en el piso, gradas, huecos, para lo cual cuenta con sensores de ultrasonido montados en un bastón adaptado con ruedas en la parte inferior y con un control que permite seleccionar la dirección de movilización. En la Figura 1.12 se observa el esquema de este dispositivo.

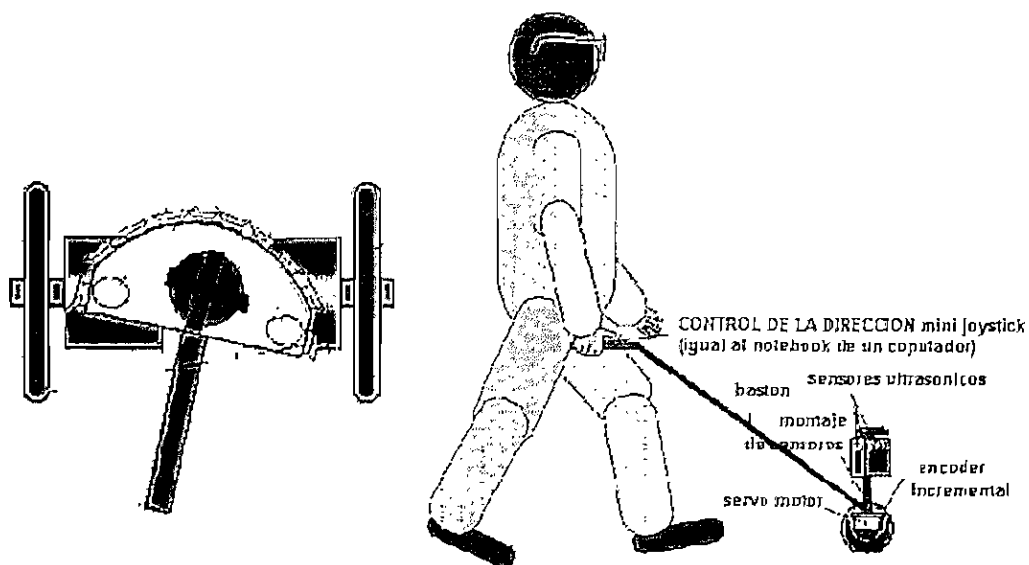


Figura 1.12 Sistema Guidecane

La determinación de la posición puede ser absoluta o relativa, y la notificación de la presencia de un objeto puede ser continua o intermitente, de manera auditiva o táctil [9].

El usuario tiene la opción de que el dispositivo le guíe hasta un objetivo ya establecido, como por ejemplo ir a otra habitación o que la conduzca por largos

caminos como un largo corredor o una vía para caminar en el parque como indica la Figura 1.13.



Figura 1.13 Operación Del Sistema Guidecane

Una vez determinado un obstáculo el bastón cambia su dirección y establece una nueva que le permita llegar al punto fijado como destino.

#### **1.1.16 SISTEMA DE DETECCIÓN COMBINADA TREBOL**

Este sistema de detección combinada, permite tanto detectar obstáculos como crear una percepción del entorno por localización de referencia.

Emplea el principio de ultrasonido con la técnica pulso-eco, inicialmente contaba con un frente central de detección y dos laterales, colocados a la altura del pecho y una unidad electrónica que se suspende del cinturón y que realiza las funciones de excitación, recepción, procesamiento y comunicación de la información al usuario por señales acústicas convenientemente codificadas.

Debido a la excesiva cantidad de información que presentan los entornos normales se presentó un efecto negativo de saturación por lo que se creó el sistema TREBOL 1 donde presentan un único sector de detección frontal y se

introduce la opción al invidente de operar con zonas distintas por accionamiento de un pulsador, este sistema incorpora un dispositivo vibrátil además del acústico como interfase de comunicación y cuenta con un fotosensor que actúa alternativamente a demanda del usuario principalmente en ambientes conocidos [11].

### 1.1.17 AYUDA DE VIAJE ELECTRÓNICA

Es un sistema de asesoramiento auditivo para no videntes que transforma la señal de ultrasonido en sonido, su objetivo es ofrecer un dispositivo portátil de fácil manejo y de bajo costo.

Este sistema tiene como funciones principales indicar la zona libre de obstáculos y permitir un reconocimiento ambiental, de manera que ofrece protección al usuario, el concepto de este sistema de ayuda se indica en la Figura 1.14.

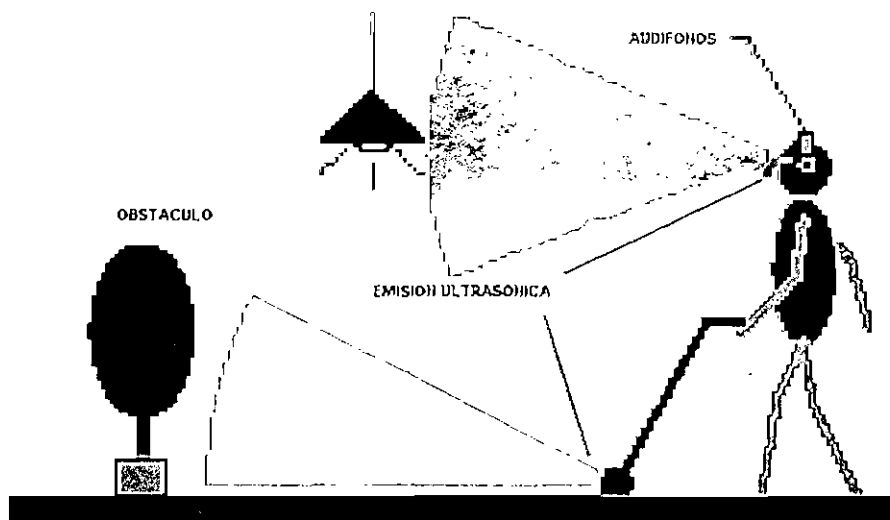


Figura 1.14 Sistema De Ayuda De Viaje Electrónica

Para la detección de obstáculos se emplean dos sensores de ultrasonido ubicados en los extremos de gafas y otro grupo de sensores también de ultrasonido en la base de un bastón normal.

Las señales sonoras indicarán la distancia y la dirección a la que se encuentran los obstáculos encontrados [12].

### 1.1.18 LASER CANE

El bastón láser emplea un sistema de señal eco que se usa de manera complementaria al bastón blanco, y permite detectar objetos mediante la triangulación de las señales enviadas por tres diodos láser cuyo eco es detectado por tres fotodiodos.

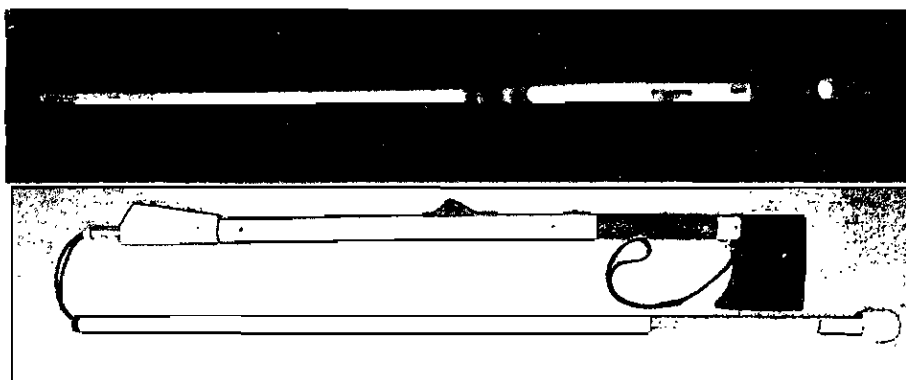


Figura 1.15 Bastón Láser

En la Figura 1.15 se muestra el bastón láser, que puede ser plegado en dos partes.

Los diodos láser se encuentran direccionados de tal manera que permite detectar objetos en tres niveles diferentes que son: a la altura de la cabeza, a nivel del piso y frente al usuario, como se indica en el esquema de la Figura 1.16.

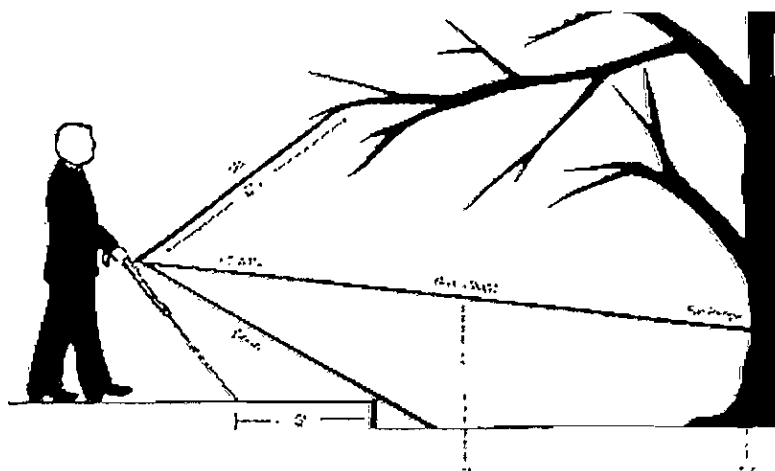


Figura 1.16 Operación Del Bastón Láser.



El bastón láser indica la presencia de obstáculos generando señales sonoras o señales de vibración, e incluso puede apagarse y emplearse como un bastón blanco normal, la opción de vibración es importante porque permite el empleo del bastón en lugares como hospitales, teatros, restaurantes y otros sitios donde el sonido es restringido [13].

#### 1.1.19 OJO DOBELLE

Desarrollado por el Instituto Dobelle, de la ciudad de Nueva York (Estados Unidos), el dispositivo Ojo Dobelle consiste en una micro cámara que se inserta en gafas, como se observa en la Figura 1.17.

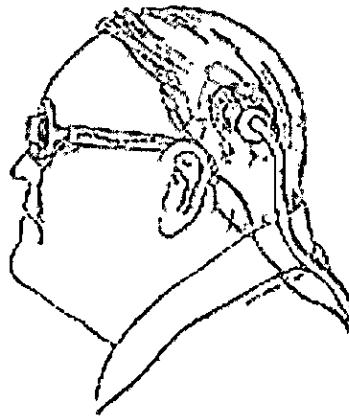


Figura 1.17 Ojo Dobelle

Esta cámara capta imágenes del entorno del invidente y las envía a un computador portátil, una vez procesadas las imágenes y las señales espaciales, se transmiten impulsos eléctricos a 68 electrodos que están implantados en la corteza visual del cerebro produciendo un efecto denominado estrellas en el cielo, ya que el invidente percibe un escenario negro en el que las formas se identifican con puntos de luz que aparecen y desaparecen como el brillo de una estrella.

Con la ayuda de este dispositivo las persona son capaces de leer letras de gran tamaño -unos cinco centímetros- a un metro y medio de distancia, lo que permite una movilización independiente [14].

### 1.1.20 IMPLANTES DE MICROCHIPS

En la Universidades del Estado de Carolina del Norte y la John Hopkins, en Estados Unidos, se desarrolló un chip de dos milímetros de superficie que podía implantarse en el centro de la retina de los invidentes.

Impulsado por un láser exterior, que apunta hacia la célula fotovoltaica, el fotosensor celular del microchip recibe imágenes a través de la pupila.

El fotosensor celular convierte la luz y las imágenes en impulsos eléctricos que estimulan el ganglio nervioso que está detrás de la retina, no permite restablecer por completo la visión, pero hace posible que los pacientes puedan percibir formas y percatarse de la dirección de los movimientos que hay a su alrededor.

Se empleó el láser como fuente de activación del microchip, evitando la necesidad de retirar el implante para reemplazar la fuente de energía [14].

### 1.1.21 IMPLANTE OCULAR

El implante podría tomar el lugar de células sensibles a la luz en la retina de un ojo dañado, a diferencia de los implantes que usan chips que convierten la luz en impulsos eléctricos que van al cerebro a través del nervio óptico; este tipo de implante será colocado en una retina dañada y convertirá la luz en químicos que estimularán las células nerviosas. En la Figura 1.18 la doctora Stacey Bent muestra el prototipo a gran escala del implante ocular



Figura 1.18 Prototipo De Implante Ocular

---

La doctora Stacey Bent, de la Universidad de Stanford, llama al nuevo aparato "el santo grial de las prótesis". Sin embargo existen dificultades en colocarlos dentro del ojo.

"El problema con los implantes electrónicos es que a pesar de que son muy buenos es sumamente difícil hacerlos biocompatibles", según la doctora Bent. El lector interesado puede conseguir mayor información en la referencia [15] .

## **1.2 SENSORES DE DISTANCIA**

Los sensores permiten tener una percepción de una variable física, en este caso para establecer la distancia, que es la variable que se buscará conocer, se pueden emplear diferentes sensores en los que es posible aplicar uno de los siguientes métodos para obtener el valor de la distancia.

### **1.2.1 MÉTODOS DE DETECCIÓN DE DISTANCIA**

Se tienen tres alternativas para llegar a determinar la distancia, como son:

#### **1.2.1.1 Triangulación**

Al emplear el método de triangulación se establece una relación geométrica entre el haz emitido y el haz recibido.

El sensor dispone de un emisor y un receptor específico para la señal a emplearse, el objeto es interceptado por un haz de la señal seleccionada que al llegar a la superficie del objeto retorna y es registrada por el detector, si se conoce la distancia entre el emisor y el receptor y el ángulo de incidencia de la señal emitida en el objeto se puede calcular la distancia aplicando una sencilla relación trigonométrica. En la Figura 1.19 se observa un esquema del método de triangulación.

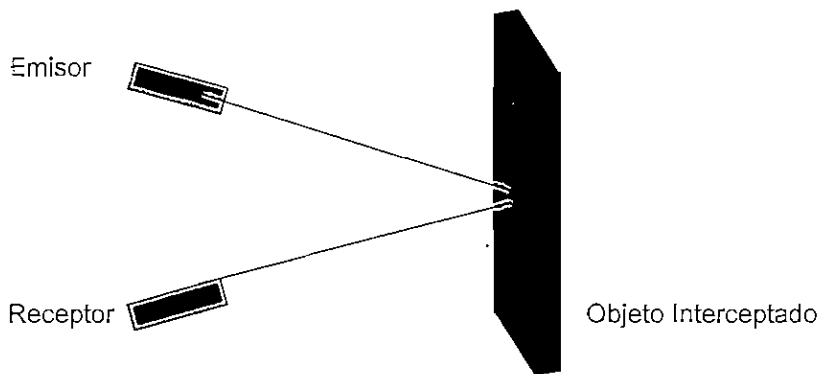


Figura 1.19 Triangulación ( Reflexión De Las Ondas )

### 1.2.1.2 Tiempo de vuelo

Al emplear este método para la estimación de la distancia a la cual se encuentra un objeto se cuenta el tiempo transcurrido entre la emisión de la señal a emplearse y la recepción del eco, se conoce también como técnica pulso – eco.

Una vez determinado el tiempo de vuelo se divide para dos para obtener el tiempo trascendido en el cual la señal va desde el emisor hasta el objeto y se halla la distancia conociendo la velocidad de la señal empleada, aplicando la ecuación para movimiento uniforme. ( $distancia = velocidad * tiempo$ )

### 1.2.1.3 Basado en fase

Para obtener la distancia aplicando este método se emplea la diferencia de fase entre el haz emitido y el haz reflejado de la señal empleada.

Se emplea una haz continuo y se mide el retardo o desplazamiento de fase que presenta la señal luego de interceptar el objeto y retornar al receptor.

Existen diferentes tipos de sensores que se pueden emplear para determinar distancia, cada uno emplea un principio físico diferente, a continuación se mencionarán las principales características de algunos tipos de sensores.

No se considerarán los sensores que se emplean para determinar distancias de milímetros o proximidad por no ser útiles para la aplicación que se realizará, como es el caso de los sensores capacitivos, inductivos, de efecto hall, etc.

### 1.2.2 SENSORES INFRARROJO

Este tipo de sensor emplea un emisor de luz infrarroja con su respectivo receptor, sus principales desventajas son la interferencia de la luz ambiental y que depende del color y propiedades de las superficies de los objetos interceptados por la señal. En la Figura 1.20 se pueden observar ejemplos de este tipo de sensor.

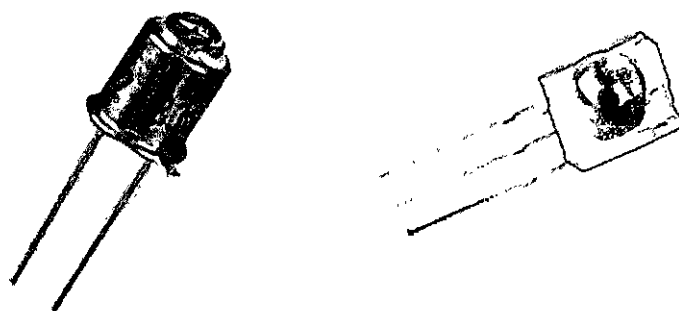


Figura 1.20 Sensor Infrarrojo

El acondicionamiento tanto para enviar la señal que active al emisor como para llevar la señal del receptor a un microcontrolador es bastante sencillo, constituyéndose en su principal ventaja.

Suele emplearse en robots para la detección de una línea pintada en el piso, debido a las interferencias que se pueden presentar es más utilizado en la detección de cortas distancias.

### 1.2.3 SENSORES LÁSER

Para obtener la medida de distancia se emplea un emisor que se encargará de enviar pulsos de energía láser (luz) y se esperará un reflejo de la luz en un receptor para este tipo de señal que consiste en un foto receptor. En la Figura 1.21 se observa un ejemplo de emisor láser.

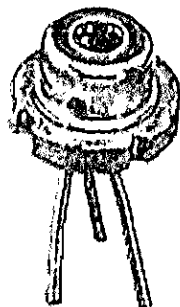


Figura 1.21 Emisor Láser

Se tiene un alcance de varios metros. Se emplea principalmente en control de robots, sistemas de alarma, lector de códigos de barras, apuntadores, visores, útiles de alineamiento.

#### 1.2.4 SENSORES DE ULTRASONIDO

Para este tipo de sensor se emplea una emisión de ultrasonido (sonido de alta frecuencia) cuyo reflejo se registrará en un receptor de este tipo de señal. Un ejemplo de sensor de ultrasonido se puede observar en la Figura 1.22.



Figura 1.22 Sensor de Ultrasonido

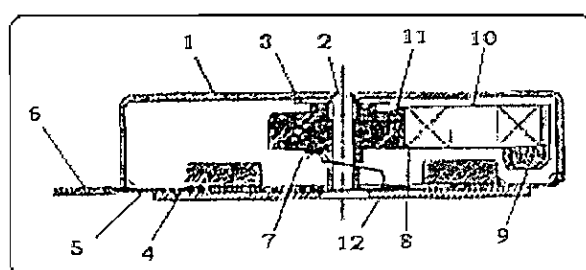
Los problemas que se presentan al emplear este tipo de sensores son que pueden generarse múltiples ecos que dificultan la medida real, pueden presentarse ruidos laterales que afectan la señal del sensor registrándose medidas erróneas, y además ciertos materiales absorben las señales de sonido de alta frecuencia, como por ejemplo la esponja y el algodón.

Entre sus aplicaciones más comunes están, alarmas de autos, sistemas de seguridad comercial y residencial, sistemas para apertura automática de puertas, mediciones de nivel de alimentos y procesos químicos, medidas de distancia, vehículos autoguiados como soporte para niños discapacitados.

### 1.3 MOTOR DE VIBRACIÓN

Los motores de vibración son motores de magneto permanente con alimentación de voltaje continuo que generan vibraciones debido a que en su rotor se halla sujeto un peso con una distribución no uniforme. Para grandes aplicaciones se une al eje del motor una masa no centrada.

El motor a emplearse cuenta internamente con las partes que pueden observarse en la Figura 1.23



No.	Nombre de la Parte	Materiales
1	Carcasa	SECC
2	Eje	SUS
3	Blindaje de deslizamiento	Plástico
4	Imán	NEO
5	Soporte	SECC
6	Base de escobillas	Polymido $\pm 0.1\% \pm 0.05$
7	Escobillas	Spring
8	Conmutador	Vidrio Plástico
9	Peso	Nylon
10	Bobina	Cobre
11	Rotor	PBT
12	Cinta Adhesiva	74000

Figura 1.23 Partes Del Motor De Vibración.

Entre las aplicaciones de los motores de vibración se mencionará que se encuentran en juguetes pequeños, son parte de las video consolas donde se usan para producir efectos asociados con diferentes acciones en video juegos. Se emplean en beepers y en teléfonos celulares para permitir la opción de aviso de vibración en caso de llamadas y mensajes entrantes. En las vibradoras alinean antes del corte, los cantos de las hojas impresas de forma exacta y precisa, permitiendo un corte de gran exactitud y mayor eficiencia.

### **1.3.1 EFECTOS DE LA EXPOSICIÓN CONTINUA A VIBRACIONES**

Las vibraciones son movimientos mecánicos que se repiten con una determinada frecuencia, se emplean en algunas actividades de manera intencional pero en algunos casos se presenta de manera involuntaria.

En el caso de máquinas industriales las vibraciones pueden causar daños no sólo a la maquinaria sino también a las personas que las operan.

En maquinaria industrial las vibraciones se presentan en los motores cuando el eje se encuentra desbalanceado o desalineado, cuando el eje está agrietado, cuando existen pulsaciones de presión u otra razón que altere las condiciones de funcionamiento para las que fueron diseñadas.

En el caso de las personas que se ven constantemente bajo la acción de una fuente de vibración los efectos adversos que se presentan se observan normalmente en la zona de contacto con la fuente, pero también pueden transmitirse al resto del cuerpo, los efectos dependerán de la postura y no es igual para todas las personas.

El efecto más frecuente y más estudiado es el Síndrome de Raynaud, ( Síndrome Vibración de Mano y Brazo) de origen profesional, o dedo blanco inducido por vibraciones, que tiene su origen en alteraciones vasculares, además de debilitación de la capacidad de agarre, disminución en la sensación y en la habilidad de las manos.



En el cuerpo se presentan traumatismos en la columna vertebral, dolores abdominales y digestivos, problemas de equilibrio, dolores de cabeza, trastornos visuales, falta de sueño y síntomas similares. Estos efectos no han tenido un seguimiento controlado que permita detectar la influencia de otras fuentes adicionales a las vibraciones.

"El coeficiente de absorción de las vibraciones para el cuerpo humano es inversamente proporcional a la frecuencia" [16]. Por lo que se tiene que la frecuencia es uno de los factores determinantes de la acción de las vibraciones sobre las personas.

" Las frecuencias que van a afectar el organismo se hallan entre muy bajos valores, menos de 1 Hertzio, de decenas de Hertzios y los 1000 Hertzios aproximadamente" [16].

#### **1.4 SISTEMA A DESARROLLARSE**

En el presente proyecto el objetivo es desarrollar un dispositivo que cumpla las funciones de un bastón blanco, para ello se diseñará un prototipo que emplee sensores de ultrasonido para la determinación de la distancia en la dirección que lo hace el bastón blanco, se escogerá este tipo de sensores por que permitirán determinar la distancia obteniendo resultados que no se vean tan afectados por condiciones externas y por la relativa facilidad de conseguirlos.

Para determinar el valor de la distancia se empleará el método de tiempo de vuelo y para notificar la presencia de objetos se emplearán vibraciones con frecuencias por encima de los 80 Hz para evitar los efectos dañinos de éstas en los seres humanos.

En el siguiente capítulo se mostrará el diseño de los circuitos implementados para el desarrollo del prototipo, indicando la función que cumple cada uno de ellos.

## DISEÑO DEL PROTOTIPO

El prototipo a desarrollar deberá emular el funcionamiento de un bastón blanco empleado por los no videntes para su movilización, para desarrollar el prototipo que cumpla estas funciones se contarán principalmente con el microcontrolador PIC, los sensores de ultrasonido y el motor de vibración.

Estos elementos requerirán de un adecuado acondicionamiento que permita su función conjunta y por lo tanto el funcionamiento del dispositivo mismo. Para alcanzar este objetivo se emplearán los siguientes circuitos.

### 2.1 FUENTE DE ALIMENTACIÓN.

La alimentación que se empleará para el prototipo a desarrollar será una batería de 9 voltios por ser baja en peso y tamaño lo que facilitará la movilización del prototipo. Para pruebas del prototipo se empleó la batería comercial que permitió un funcionamiento continuo por 4 horas, pero para el dispositivo que emplee el usuario se recomienda el uso de una batería recargable de 9 voltios 200 mAh, lo que da una autonomía de 3,5 horas.

Los 9 voltios serán empleados para alimentar los transmisores de ultrasonido y para la alimentación del microcontrolador y los demás elementos que se emplean se requiere de 5 voltios, por lo que se utiliza un regulador de voltaje que permita obtener este nivel.

En la Figura 2.1 se muestra el circuito armado para la fuente de alimentación, donde se tienen los capacitores C1 y C2 de 10  $\mu$ F y 0,1  $\mu$ F respectivamente, el uso de estos capacitores se recomienda en las hojas de especificaciones del regulador, al emplear el capacitor C1 se disminuyen variaciones en el voltaje de entrada, y con C2 se mantiene el voltaje del regulador y se filtran variaciones de voltaje de alta frecuencia, además se contará con un fusible F1 de 0,125 amperios como protección tanto del microcontrolador como de los demás elementos.

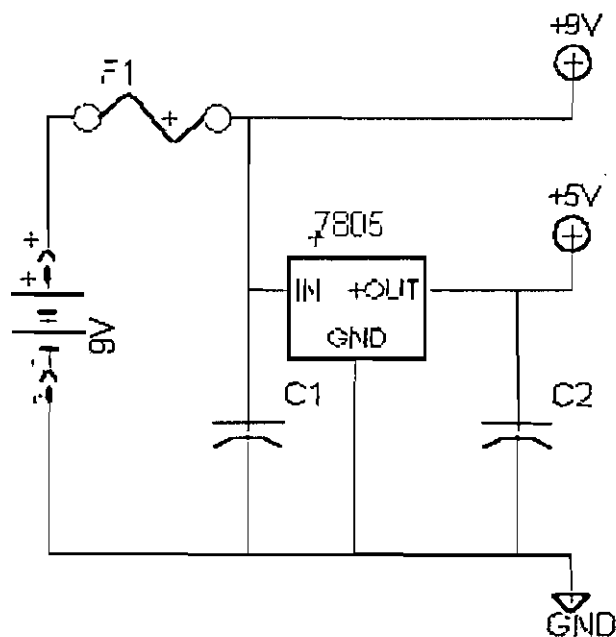


Figura 2.1 Fuente de Alimentación al Circuito de Control

## 2.2 MICROCONTROLADOR PIC

Desde el microcontrolador PIC se genera la señal de activación para la emisión de ultrasonido y contando el tiempo transcurrido entre la emisión y la recepción del eco se determinará la distancia entre el dispositivo y el objeto interceptado. La interrupción externa se usa para indicar que los receptores han recibido el eco de la señal.

Se tienen dos alternativas de funcionamiento del dispositivo dependiendo del estado del selector, se escoge entre enviar el valor de la distancia en centímetros a tres displays o enviar una señal de pulsos de frecuencia variable al motor de vibración.

En la Tabla 2.1 se muestran los recursos utilizados y en la Figura 2.2 se muestra al microcontrolador PIC con los elementos básicos para su funcionamiento, así como los pines empleados para colocar los periféricos.

Tabla 2.1 Recursos Utilizados

RECURSOS UTILIZADOS	
Pin en el PIC	Función
1 MCLR	Reset
8 VSS	Tierra del circuito
9 OSC1	Oscilador
10 OSC2	Oscilador
11 RC0	Selector de alternativas de funcionamiento
13 RC2	Señal cuadrada PWM
18 RC7	Señal cuadrada para el motor
19 VSS	Tierra del circuito
20 VDD	Alimentación de 5 voltios
21 INT	Interrupción generada por Receptores
22 RB1	Activación de display de unidades
23 RB2	Activación de display de decenas
24 RB3	Activación de display de centenas
25 RB4	Dato D para el display
26 RB5	Dato C para el display
27 RB6	Dato B para el display
28 RB7	Dato A para el display

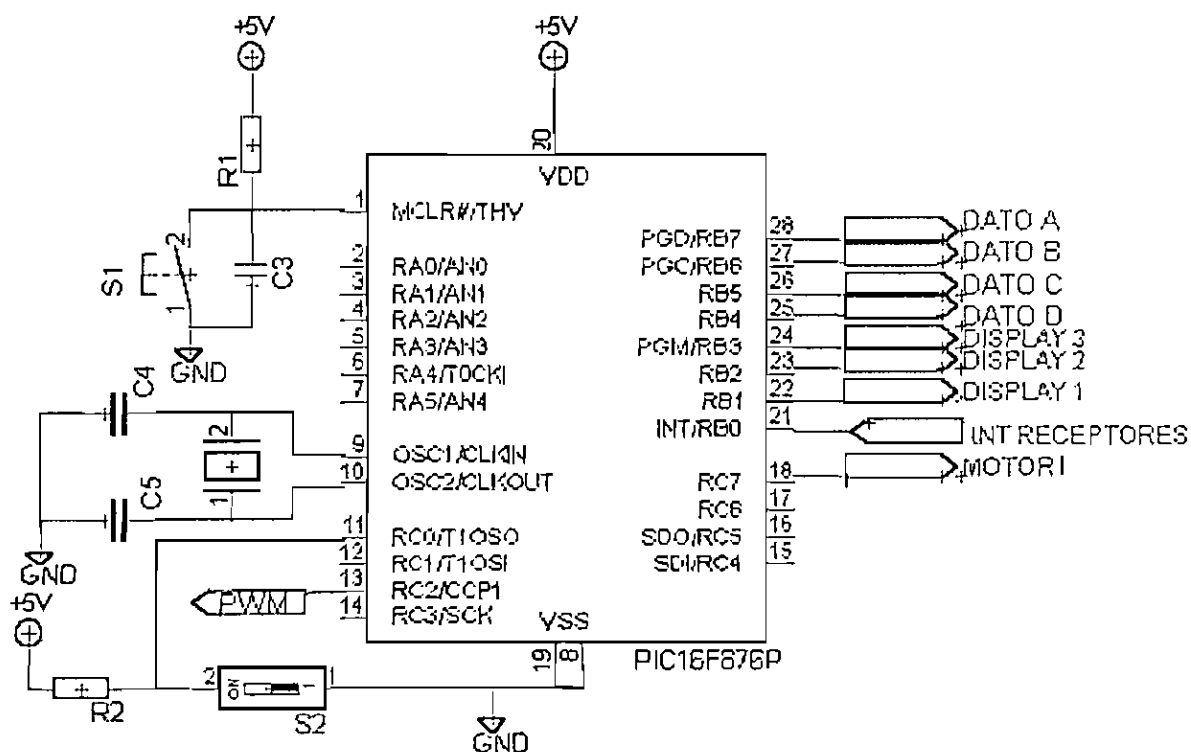


Figura 2.2 Microcontrolador PIC

El pulsador S1 se emplea para generar la señal de nivel cero lógico ( 0 V ), en el pin uno que corresponde al reset del microcontrolador, para eliminar el rebote producido al emplear pulsadores, y limitar la corriente, se emplearán la resistencia R1 y el capacitor C3, de 5,6 k $\Omega$  y de 0,1  $\mu$ F respectivamente, estos valores se obtuvieron experimentalmente.

Los capacitores que se emplearán con el oscilador, C4 y C5 tendrán un valor de 22 pF de acuerdo a lo que indica el manual del microcontrolador para cristales de 8 MHz a 16 MHz.

Para generar la señal que permita escoger entre las alternativas de funcionamiento se empleará el selector S2 junto con la resistencia R2 de 5,6K $\Omega$  en el pin correspondiente al bit cero del puerto C del microcontrolador.

Para activar a los transmisores se emplea el bit 2 del puerto C en el que se generará una señal con modulación de ancho de pulso ( PWM ).

Del puerto B del microcontrolador se emplearán; el bit 0 que recibirá la señal de interrupción generada por los receptores, del bit 1 al bit 3 para la activación de los displays y del bit 4 al bit 7 para enviar los datos a mostrarse en los displays.

En el bit 7 del puerto C se generará la señal que permita activar al motor de vibración.

## 2.3 TRANSMISOR DE ULTRASONIDO

El transmisor de los sensores de ultrasonido a emplearse tiene las siguientes características [24]:

- Frecuencia central (KHz) : 40.0 $\pm$ 1.0
- Nivel de Presión del Sonido : 119dB/40 $\pm$ 1.0KH  
(0 dB=0.0002  $\mu$ bar) /10V SN/30cm/Min.
- Ancho de Banda (KHz) Min. : 4.0 / 112 dB
- Capacitancia (PF) : 2000  $\pm$  30%

En el microcontrolador PIC se generará la señal de pulsos para la activación de los transmisores de ultrasonido, ( ver Figura 2.3 ).

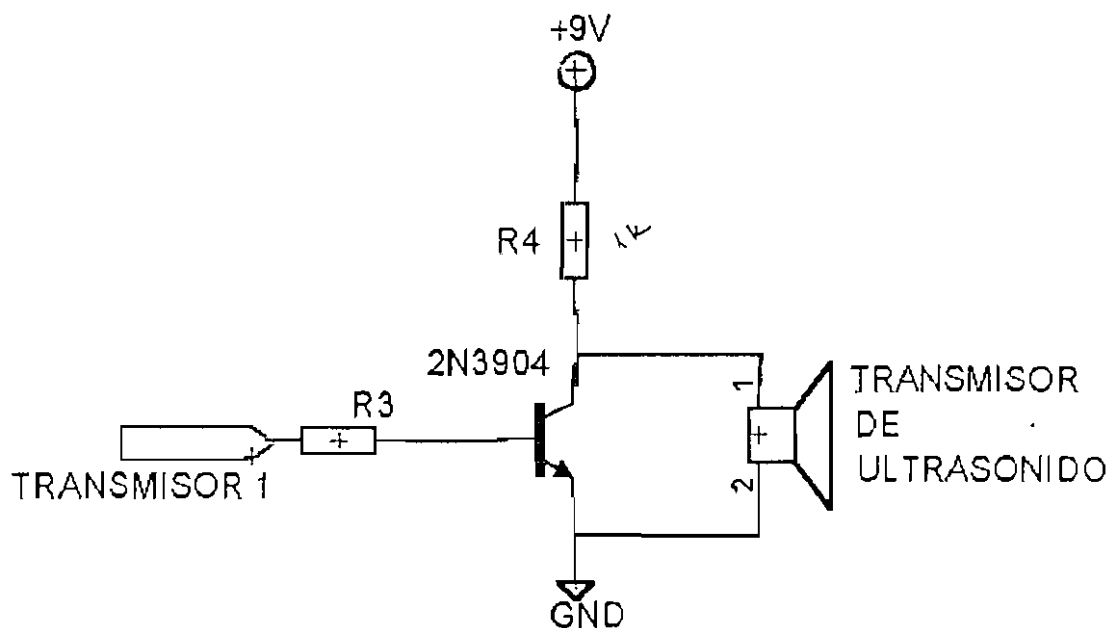


Figura 2.3. Acondicionamiento de Transmisor de Ultrasonido.

Para alimentar los transmisores de ultrasonido con el voltaje de 9 V se emplea un transistor de juntura bipolar (TBJ) trabajando en la zona de corte y saturación. Para obtener el valor de la resistencia R3 se fija la corriente necesaria para la activación del transistor TBJ en 15 mA y se aplica la siguiente ecuación.

$$R3 = \frac{\text{Voltaje}}{\text{Corriente}} = \frac{5V}{15mA} = 333,3\Omega$$

La resistencia a emplearse para activar al transistor será de 330  $\Omega$ . La resistencia R4 toma el valor recomendado en el circuito implementado en la referencia [17] para activar transmisores de ultrasonido

Debido a que se emplearán cuatro transmisores para la emisión de ultrasonido, del pin del microcontrolador PIC donde se genera la señal de pulsos se toman las cuatro señales de control necesarias para la activación simultánea de los transmisores, ver Anexo A.

## 2.4 RECEPTOR DE ULTRASONIDO

El receptor de los sensores empleados presenta las siguientes características [24]:

- Frecuencia Central (KHz) :  $40.0 \pm 1.0$
- Sensibilidad mínima :  $65\text{dB}/40 \pm 1.0\text{KH}$   
( 0 dB vs IV  $\mu\text{bar}$  ) ( R = 3.9 KO )
- Ancho de Banda (KHz) Min. : 3.5 / (at -71 dB)
- Capacitancia (PF) :  $2000 \pm 30\%$

Para el acondicionamiento de los receptores de ultrasonido se empleó el detector de tonos LM567, al emplearlo se reduce la cantidad de elementos necesarios para acondicionar la señal senoidal de frecuencia constante proveniente del receptor.

El detector de tonos permite detectar una señal con una frecuencia específica, dicha frecuencia se calibra conectando resistencias y capacitores en sus terminales.

El LM567 en el momento que detecta una señal con la frecuencia fijada generará un pulso en nivel bajo ( 0 L ) cuya duración depende de la amplitud de la señal de ingreso, a mayor amplitud mayor tiempo de duración..

En la Figura 2.4 se muestran los elementos que permitirán acondicionar el receptor de ultrasonido.

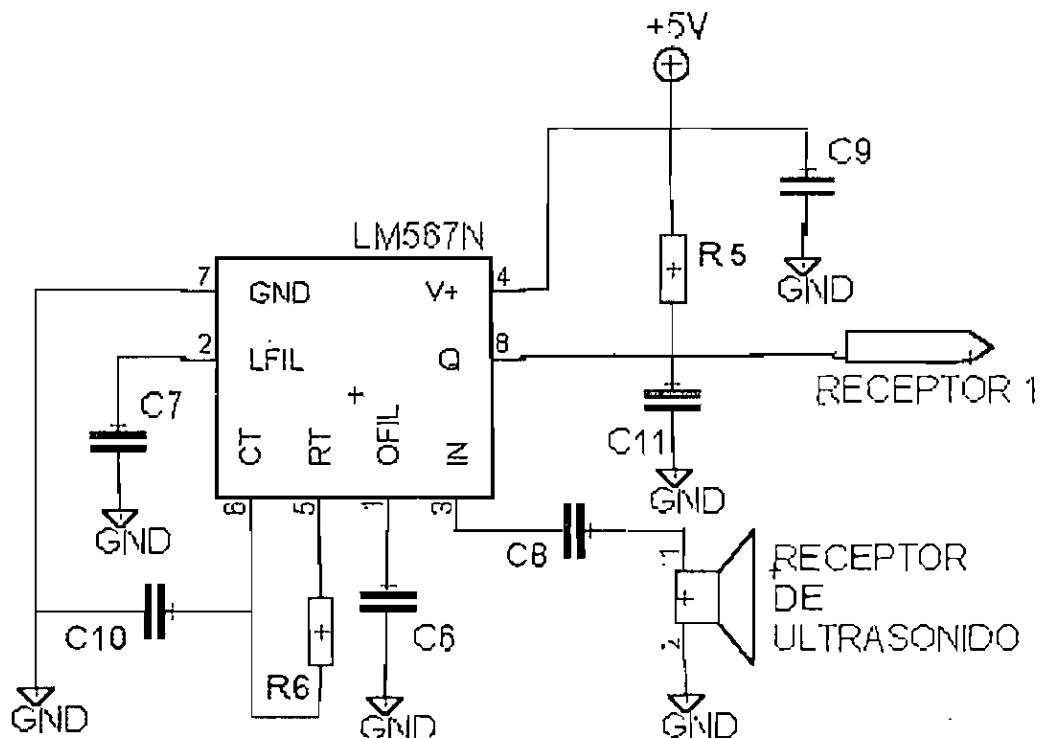


Figura 2.4. Acondicionamiento de Receptor de Ultrasonido

Los elementos empleados para el funcionamiento del detector de tonos LM567 son los capacitores C6, C7, C8, C9, cuyos valores son los sugeridos en las hojas de características del elemento:

$$C6 = 22 \text{ pF} \quad C7 = 4,7 \text{ nF} \quad C8 = 0,01 \text{ } \mu\text{F} \quad C9 = 1 \text{ } \mu\text{F}$$

La resistencia R5 es la resistencia de carga del circuito y en las hojas de características se sugiere emplear una cuyo valor sea mayor a  $1\text{K}\Omega$ , en las pruebas se empleó una resistencia de  $3,3 \text{ k}\Omega$ . La resistencia R6 y el capacitor C10 se fijarán de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$f_{\text{frecuenciacentral}} = f_o = \frac{1}{1,1 \cdot R6 \cdot C10}$$

Para una frecuencia central de  $40 \text{ KHz}$  se asume el capacitor de  $0,01 \text{ } \mu\text{F}$  y se determina el valor de la resistencia R6 despejando de la fórmula anterior.



$$R6 = \frac{1}{1,1 \cdot f_o \cdot C10} = \frac{1}{1,1 \cdot 40000 \text{ Hz} \cdot 0,01 \cdot 10^{-6} \text{ F}} = 2272,72 \Omega$$

Tomando una resistencia normalizada R6 será de 2,2 kΩ.

El capacitor C11 de 10 μF se emplea para eliminar la señal que se genera en el receptor a causa de la emisión de ultrasonido cerca de él, la desventaja que se genera al emplear este capacitor es la formación de la zona muerta [19].

Una vez acondicionada la señal de cada uno de los cuatro receptores se llevan las señales de salida a un circuito integrado que cumple con la función AND, como se muestra en la Figura 2.5 y de esta manera al detectarse algún objeto se produce un flanco negativo en el pin de interrupción externa del microcontrolador.

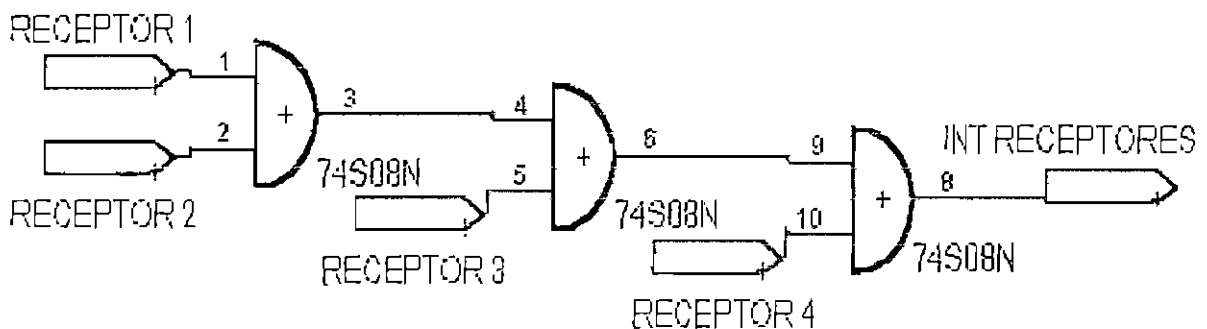


Figura 2.5 Circuito de Acondicionamiento de la Interrupción Externa.

## 2.5 MOTOR DE VIBRACIÓN

El motor de vibración a emplearse tiene las siguientes características [25]:

- Rango RPM : 4500 o más @ 3VDC
- Dirección de rotación : dual
- Voltaje de operación : 3VDC @ 45mA
- Rango del voltaje de operación : 2.5VDC - 3.8VDC (max.)
- Corriente de arranque @ voltaje de operación : 60mA o menos
- Tamaño : 0.55" Diámetro x 0.13" Ancho

Para la alimentación del motor de vibración se requiere un voltaje de 3V, el cual se obtiene regulando la fuente de alimentación con un diodo zener de 3,6 voltios,

en la Figura 2.6 se muestra el circuito que permitió la operación del motor de vibración.

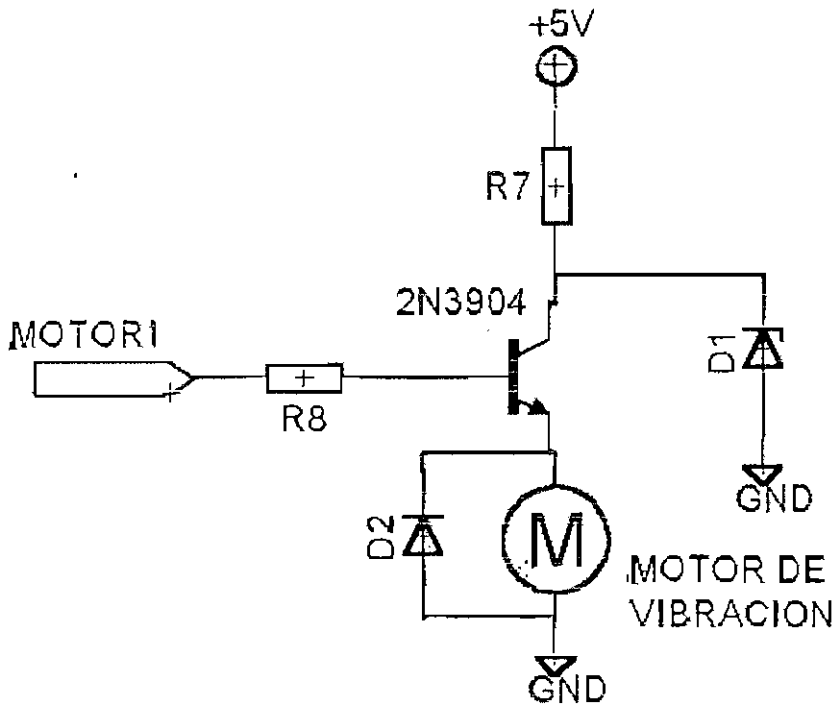


Figura 2.6. Circuito de Activación del Motor de Vibración.

Para variar la frecuencia de las vibraciones producidas en el motor se genera una señal de pulsos de activación con frecuencia variable.

La resistencia R7 limita la corriente a un valor que permita que el diodo zener regule:

$$R7 = \frac{\text{VoltajeTotal} - \text{VoltajeZener}}{\text{CorrienteZener}} = \frac{5V - 3.6V}{20mA} = 70\Omega$$

Por lo que se selecciona la resistencia R7 de 82Ω.

## 2.6 DISPLAYS

El dispositivo a desarrollar sensorá la distancia a los obstáculos que se presenten, por lo que se considera necesario el incluir un visualizador del valor sensorado, que no se incluye en el dispositivo mismo, pero podrá emplearse a manera de un

accesorio para comprobar que los valores que el prototipo toma como medidas correspondientes a la distancia estén acorde con los reales.

Este accesorio está formado por tres displays que mostrarán el valor correspondiente a la distancia en centímetros cuando se escoja esta alternativa de funcionamiento, en el dip switch como se muestra en la Tabla 2.2

Tabla 2.2 Alternativas de Funcionamiento

Valor del Dip Switch	Función
0	Visualización
1	Activar Motor de Vibración

En la Figura 2.7 se observa el circuito que permite el funcionamiento de este accesorio.

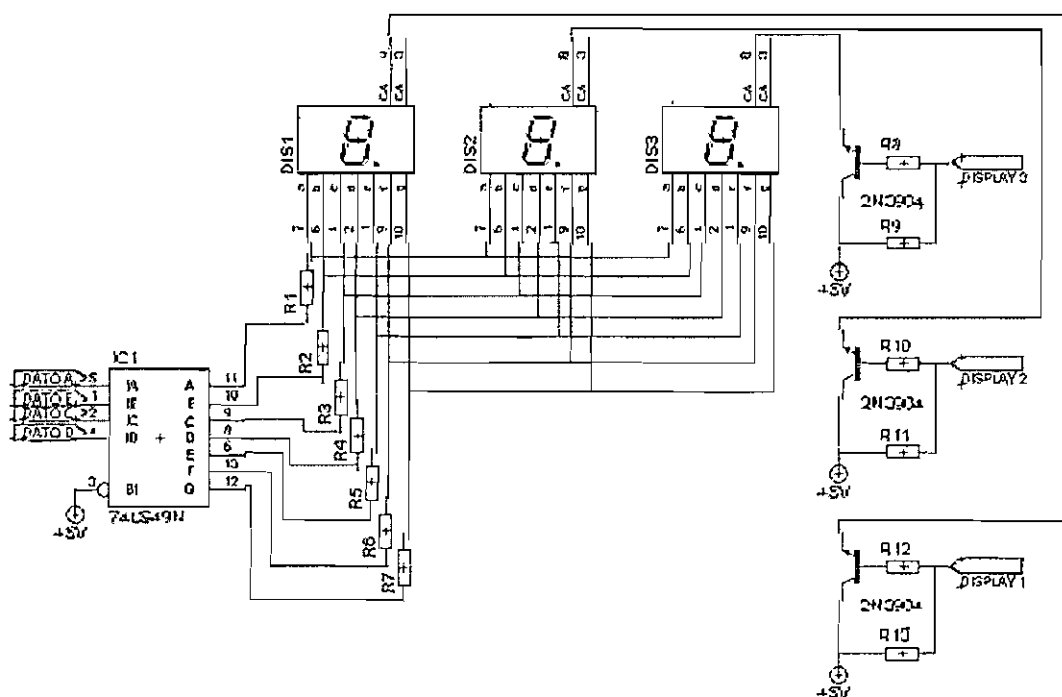


Figura 2.7. Circuito de Activación de Displays

El accesorio descrito se polariza con una fuente de 5 voltios independiente de la batería con el objeto de reducir el consumo de la misma.

Las señales generadas como datos desde el microcontrolador PIC se conectan a un decodificador de BCD a siete segmentos cuyas salidas van a cada segmento

del display a través de una resistencia R 1-7 de  $330 \Omega$  que limita la corriente. Para la activación de cada display se emplean transistores de juntura bipolar ( TBJ ) con las resistencias R8 a R13 de  $5,6 \text{ k}\Omega$ , obtenidas experimentalmente.

## 2.7 LISTA DE ELEMENTOS Y COSTO

Los elementos empleados en el presente proyecto y el costo de los mismos en dólares Americanos se muestra en la Tabla 2.3

Tabla 2.3 Lista de Elementos y Costo

Elementos	Costo Unitario	Cantidad	Total
Batería 9 V	2,8	1	2,8
Cables y conectores	6	1	6
Capacitores 10uF	0,1	6	0,6
Capacitores 0,1uF	0,1	1	0,1
Capacitores 22pF	0,1	6	0,6
Capacitores 4,7nF	0,1	4	0,4
Capacitores 0,01uF	0,1	8	0,8
Circuito Impreso	50	1	50
Compuerta AND 7408	0,67	1	0,67
Cristal 12,21MHz	1,2	1	1,2
Decodificador 7447	0,6	1	0,6
Diodo Zener 3,6V	0,24	1	0,24
Display Ánodo Común	1,4	1	1,4
Emisor Receptor de Ultrasonido	9,2	4	36,8
Fusible 0,125 A	0,5	1	0,5
LM 567	0,6	4	2,4
Microcontrolado PIC 16F876	11,7	1	11,7
Montaje	30	1	30
Motor de Vibración	4,45	1	4,45
Pulsante	0,4	1	0,4
Regulador de Voltaje 7805	0,8	1	0,8
Resistencias Varios Valores	0,03	37	1,11
Selector	0,8	1	0,8
Transistores 3904	0,32	8	2,56
<b>TOTAL DE ELEMENTOS</b>			<b>156,93</b>
<b>DISEÑO DE INGENIERIA</b>			<b>600</b>
<b>TOTAL</b>			<b>756,93</b>

En el siguiente capítulo se describe el programa de control implementado en el dispositivo.

## PROGRAMA DE CONTROL

El funcionamiento del dispositivo dependerá del programa de control ejecutado por el microcontrolador PIC que empleará la arquitectura que se muestra en la Figura 3.1

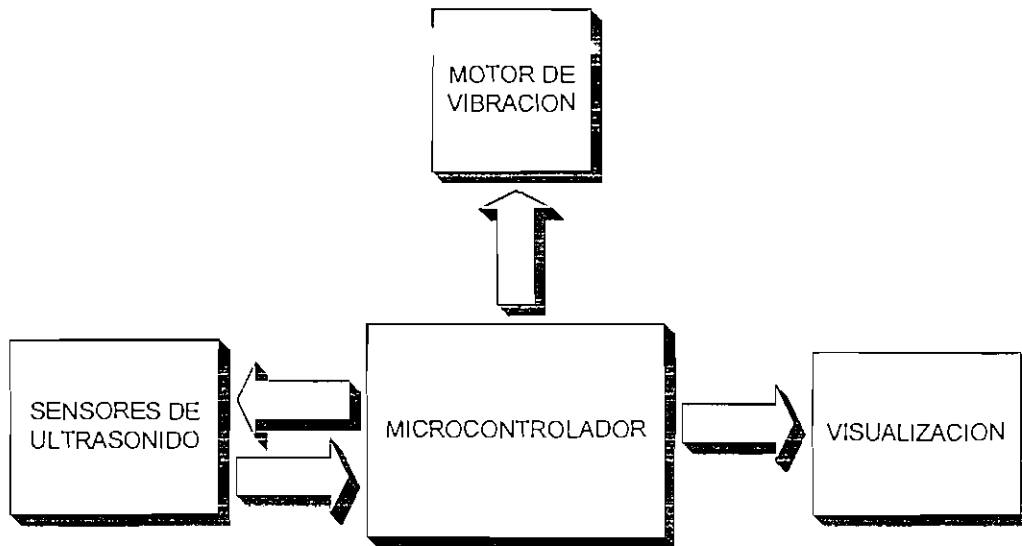


Figura 3.1 Arquitectura del Programa

El microcontrolador genera la señal que activa los sensores de ultrasonido y requiere de la señal que desde los sensores indicará la detección de obstáculos para que una vez determinada la distancia sensada y de acuerdo a la selección de la alternativa de funcionamiento generar la salida al motor de vibración o enviar al accesorio de visualización el valor de la distancia en centímetros.

Para el desarrollo del programa se cuenta con la configuración inicial, el programa principal y las subrutinas que se indican a continuación.

### 3.1 CONFIGURACIÓN INICIAL

Para el desarrollo del programa de control primero se establecerán las configuraciones de las funciones del microcontrolador a emplearse.

### 3.1.1 CONFIGURACIÓN DE PUERTOS

Para el correcto funcionamiento del dispositivo tanto el equipo implementado como el programa desarrollado en el microcontrolador el adecuado empleo de los puertos en concordancia con los requerimientos del prototipo es de gran importancia, para el diseño a desarrollar se realizará la configuración mostrada en la Tabla 3.1

Tabla 3.1 Configuración de Puertos

PUERTOS	CONFIGURACION
Puerto A	No se emplea
Puerto B	Bit 0 entrada, bits del 1 al 7 salidas
Puerto C	Bit 0 entrada, bits del 1 al 7 salidas

Una vez realizada la correcta configuración de los puertos pueden ser empleados de acuerdo con los requerimientos del programa.

### 3.1.2 CONFIGURACIÓN DE TIMERS

En el desarrollo del programa se emplearán los tres timers con que cuenta el microcontrolador y se empleará la siguiente configuración:

Para emplear el timer 0 se configura el módulo correspondiente para que funcione en modo timer y se fija el prescaler en 1:128 de modo que la cuenta se incremente con cada 128 ciclos de instrucción, el timer 0 emplea un registro de 8 bits y genera una interrupción, al pasar la cuenta de FFh a 00h, que será empleada en el desarrollo del programa.

En el módulo del timer 1 se configura en modo timer, emplea 16 bits y se fija el prescaler 1:1 de modo que la cuenta se incremente con cada ciclo de instrucción, se genera una interrupción cuando la cuenta pasa de FFFFh a 0000h, esta interrupción se empleará en el programa.

El timer 2 es empleado para el funcionamiento de la modulación de ancho de pulso PWM y su configuración es la requerida por esta función del microcontrolador.

### 3.1.3 CONFIGURACIÓN DE INTERRUPCIONES

Para emplear las interrupciones que requiere el programa, primero se configura la interrupción externa para que sea activada cuando detecte un flanco decreciente, se dejarán activadas tanto las interrupciones periféricas como las interrupciones globales para que el momento que se requiera cada interrupción puede ser activada o desactivada de acuerdo a los requerimientos del programa.

### 3.1.4 CONFIGURACIÓN DE MODULACIÓN DE ANCHO DE PULSO. MÓDULO PWM

Para obtener la señal que permitirá activar los transmisores de ultrasonido se empleará la opción de generar pulsos configurando la modulación de ancho de pulso.

La señal requerida por los transmisores de ultrasonido a emplearse deberá tener una frecuencia de 40 KHz, y se fija la relación de trabajo en 0,5; para lo que se guardará en el registro PR2 el valor correspondiente al periodo y en los registros CCPR1L Y CCPR1H los diez bits que corresponden al valor referido para el tiempo en alto de la señal de pulsos.

El modo PWM emplea el timer 2 para generar una base de tiempo, por lo que se configura el pre y postscaler en 1:1 y con la interrupción que se genera al igualarse el registro del timer 2 con el registro PR2 se podrán contar los pulsos generados.

## 3.2 PROGRAMA PRINCIPAL

Antes de iniciar con el programa principal y cuando se enciende o reinicia el microcontrolador se inicializan las banderas empleadas en el programa y se

genera una señal de vibración manteniendo activado el motor por 3 segundos como indicación de que se ha encendido el dispositivo.

El programa principal iniciará llamando a la subrutina de habilitación del PWM con lo que se genera la señal de 40 KHz que se emplea para activar los transmisores de ultrasonido, a continuación se emplea la subrutina de inicialización del timer 1 que permite arrancar la cuenta del tiempo transcurrido hasta que se registre en los receptores el retorno o eco de la señal que se detectará como una interrupción en el programa.

El programa principal se mantiene en espera de la interrupción externa y una vez que se genera se establece la relación entre el tiempo y la velocidad, empleando para ello la subrutina de transformación del dato del timer 1 donde se toman los valores de los registros del timer y se obtiene el valor de la distancia en centímetros y los valores correspondientes a unidades, decenas y centenas.

Una vez que se determine el valor de la distancia sensada entre el usuario y un objeto que se interponga en el camino se revisará la alternativa de funcionamiento seleccionada registrando para ello el cambio de estado del selector colocado para este fin. En el programa correspondiente a las dos alternativas de funcionamiento se emplea la subrutina de inicializar el timer 0 que se llamará únicamente cuando se cambie de la una alternativa a la otra.

### **3.2.1 FUNCIONAMIENTO NORMAL**

Esta alternativa corresponde al funcionamiento propio del bastón, que será sensar continuamente la distancia entre el usuario y los objetos que se interpongan en la dirección del bastón, se realizará una comparación del nuevo valor sensado con el valor fijado como referencia que será de 120 centímetros, se procede a determinar si es en aumento o disminución y de esto dependerá la señal que active al motor de vibración.

Si se trata de disminución con respecto al valor de referencia lo que significaría que un objeto se halla próximo al usuario en el rango fijado, se procede a determinar la frecuencia de la señal de vibración correspondiente a la distancia



sensada empleando para esto una subrutina donde se toman los valores de una tabla y se guardan en un registro que el timer 0 tomará como inicio de su cuenta, la frecuencia inicial será de 80 Hz para cuando los objetos se hallen a 120 centímetros y aumentará hasta los 600 Hz cuando el objeto esté a menos de 20 centímetros del usuario.

Si al sensar la distancia se detecta que es mayor a la referencia fijada o no se registran objetos dentro del alcance del dispositivo se apagará el motor de vibración y se vuelve a ejecutar el programa principal.

### **3.2.2 FUNCIONAMIENTO VISUALIZADOR**

Esta alternativa se presentará como una forma de comprobación del funcionamiento de los sensores y del dispositivo mismo.

El microcontrolador realizará las mismas rutinas empleadas en la opción de funcionamiento anterior, es decir que se mantendrá continuamente sensando la distancia, pero en lugar de accionar el motor de vibración, el valor que representa a la distancia en centímetros entre el dispositivo y un objeto interceptado por la señal de ultrasonido será enviado al accesorio que contiene tres displays, las lecturas serán de manera continua y si no hay objetos al alcance del dispositivo se mantendrá el último valor registrado hasta obtener otro valor válido.

El programa principal se mantiene constantemente sensando la distancia y dependiendo de la alternativa de funcionamiento establecida se generarán las señales de salidas indicadas.

## **3.3 SUBROUTINAS EMPLEADAS**

Para el desarrollo del programa principal se emplean varias subrutinas que se explicarán a continuación:

### **3.3.1 HABILITACIÓN PWM**

Previamente configurada la modulación de ancho de pulso para generar una señal de 40 KHz con relación de trabajo de 0,5, en esta subrutina el modelo PWM

---

será habilitado es decir se activará el timer 2 y se seleccionará el modo PWM para iniciar los pulsos, además se limpiará el registro que permitirá contar los pulsos enviados.

### **3.3.2 HABILITACIÓN TIMER 1**

El timer 1 junto con un registro auxiliar permitirán contar el tiempo de vuelo de la señal de ultrasonido desde que parte de los transmisores hasta que su eco es detectado por los receptores. En esta subrutina se inicializan tanto los registros del timer 1 como el registro auxiliar y se activará el timer 1 para iniciar la cuenta del tiempo.

### **3.3.3 HABILITACIÓN DE INTERRUPCIONES**

Para el desarrollo del programa en esta subrutina se activan la interrupción generada al comparar el registro del timer 2 con el registro PR2 del modulo PWM, la interrupción del timer 1 y la interrupción externa del microcontrolador.

### **3.3.4 HABILITACIÓN TIMER 0**

Para el funcionamiento del timer 0 en esta subrutina se inicializará y se activará para que empiece la cuenta que permita generar las bases de tiempo que son requeridas por el programa.

Se revisará si se ha seleccionado manejo de displays o generar la señal que corresponde al motor de vibración y en este caso se activará el motor para finalizar con la subrutina.

### **3.3.5 TRANSFORMAR DATOS DEL TIMER 1**

En esta subrutina se leerán los datos de los registros del timer 1 y el registro auxiliar para obtener el tiempo de vuelo de la señal de ultrasonido, para transformar estos valores a uno que corresponda a la distancia sensada, inicialmente se dividirá el valor leído para dos y se obtendrá así el tiempo de ida de la señal, y estableciendo la relación con la velocidad de la señal de ultrasonido en el aire que se tomará igual a 343 m/s que es el valor que corresponde a 20 °C

de temperatura, se obtendrá el valor que represente la distancia y también se obtendrán los valores correspondientes a las unidades, decenas y centenas que serán empleados en el caso de enviar el valor sensado a los displays. Luego se inicializarán los registros del timer 1 y el registro auxiliar para terminar la subrutina.

### **3.3.6 DETERMINAR FRECUENCIA**

Para establecer la frecuencia que corresponda a la señal que deberá generarse en el motor de vibración cuando el valor sensado indique un objeto cerca del usuario se empleará el valor de la diferencia entre el valor leído y el que se fijó como referencia. Al ir cambiando este valor de diferencia 1 hasta cien la frecuencia de la señal irá cambiando de 80 Hz a 600Hz, empleando para ello una tabla de cien valores; si la diferencia indica un valor mayor que cien se fijará la frecuencia en 600Hz.

### **3.3.7 GENERAR RETARDO**

En esta subrutina se realizarán tres lazos que permitirán crear un retardo en el desarrollo del programa, esto se emplea para mantener activado al motor de vibración por 3 segundos como indicación de que el dispositivo se ha encendido y se emplea luego de haber obtenido el valor que representa la distancia sensada para mantener la frecuencia correspondiente al valor anterior por 0,8 segundos permitiendo así que el motor cumpla a la menor frecuencia con por lo menos 64 periodos completos y que la señal sea reconocida por el usuario.

## **3.4 SUBRUTINAS EN INTERRUPCIONES**

En el microcontrolador PIC al generarse una interrupción, cualquiera de las que se hallen habilitadas, se cargará en el puntero del programa la dirección 04h, al saltar a esta dirección se guardarán los datos correspondientes al acumulador, el status y el pclath para luego saltar a la subrutina de las interrupciones, donde se revisará cada una de ellas cumpliendo con las siguientes subrutinas.

### **3.4.1 INTERRUPCIÓN EXTERNA**

Al generarse una interrupción externa, significará que se registró el eco de la señal de ultrasonido en los receptores, se detiene el timer 1 y la generación de pulsos si se mantenían todavía, y se fijan las banderas que permitan al programa principal saber que se detectó un objeto para poder continuar con el desarrollo del programa, se limpiarán las banderas del timer 1 y de la interrupción externa y se continúa revisando la siguiente bandera de interrupción.

### **3.4.2 INTERRUPCIÓN PWM**

Al presentarse esta interrupción se habrá generado un periodo completo de la señal que activa los transmisores de ultrasonido, en esta subrutina se contarán estos pulsos y se comparará con un valor fijo que permita detener la generación de esta señal al igualar este valor, deshabilitando el modo PWM y deteniendo el timer 2, si no se completa la cuenta de periodos establecido, se incrementará y se limpiará la bandera de interrupción por PWM para continuar con la revisión de interrupciones.

### **3.4.3 INTERRUPCIÓN TIMER 1**

El timer 1 se emplea para contar el tiempo de vuelo de la señal y al generarse esta interrupción significará que el timer completó su cuenta de 16 bits sin que se registre el eco de la señal de ultrasonido, en este caso se incrementará el valor del registro auxiliar, se limpiará la bandera de interrupción del timer 1 y se continuará revisando la siguiente interrupción.

El registro auxiliar permite al programa principal saber que la cuenta del tiempo ha excedido el alcance del dispositivo para generar la señal correspondiente a este caso y volver a emitir la señal de ultrasonido para una nueva lectura.

### **3.4.4 INTERRUPCIÓN TIMER 0**

El timer 0 se emplea para crear una base de tiempo que permita establecer tanto el barrido de los displays como la frecuencia de la señal de activación del motor de vibración.

Cuando el microcontrolador registre que se ha seleccionado la alternativa de funcionamiento visualizador se ha cumplido con la base fijada para el barrido y se encenderá un display por cada vez que se complete la base de tiempo y se enviará el dato correspondiente antes de limpiar la bandera y salir de la interrupción.

Si se ha seleccionado la alternativa de funcionamiento normal se revisará si la diferencia entre el valor sensado y el valor fijado como referencia está dentro del rango establecido para mantener el motor apagado y en este caso se limpiará la bandera de interrupción para salir de la subrutina.

Cuando se determine que la diferencia esta en un valor que corresponde a los establecidos para activar el motor se cumple con la base fijada para medio periodo y se revisará si el motor debe encenderse o apagarse alternando del estado en el que se encontraba anteriormente.

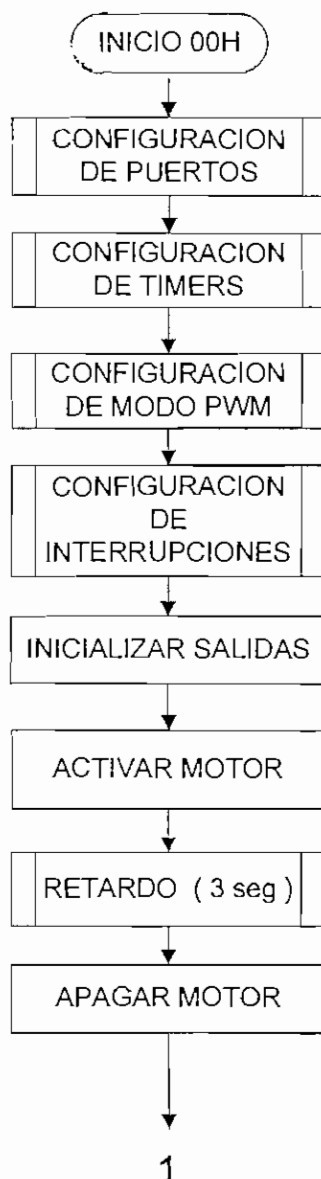
Para finalizar con la subrutina de interrupción del timer 0 se leerá el dato estableciendo el valor inicial para la cuenta del timer.

A continuación se mostrará el diagrama de flujo del programa desarrollado.

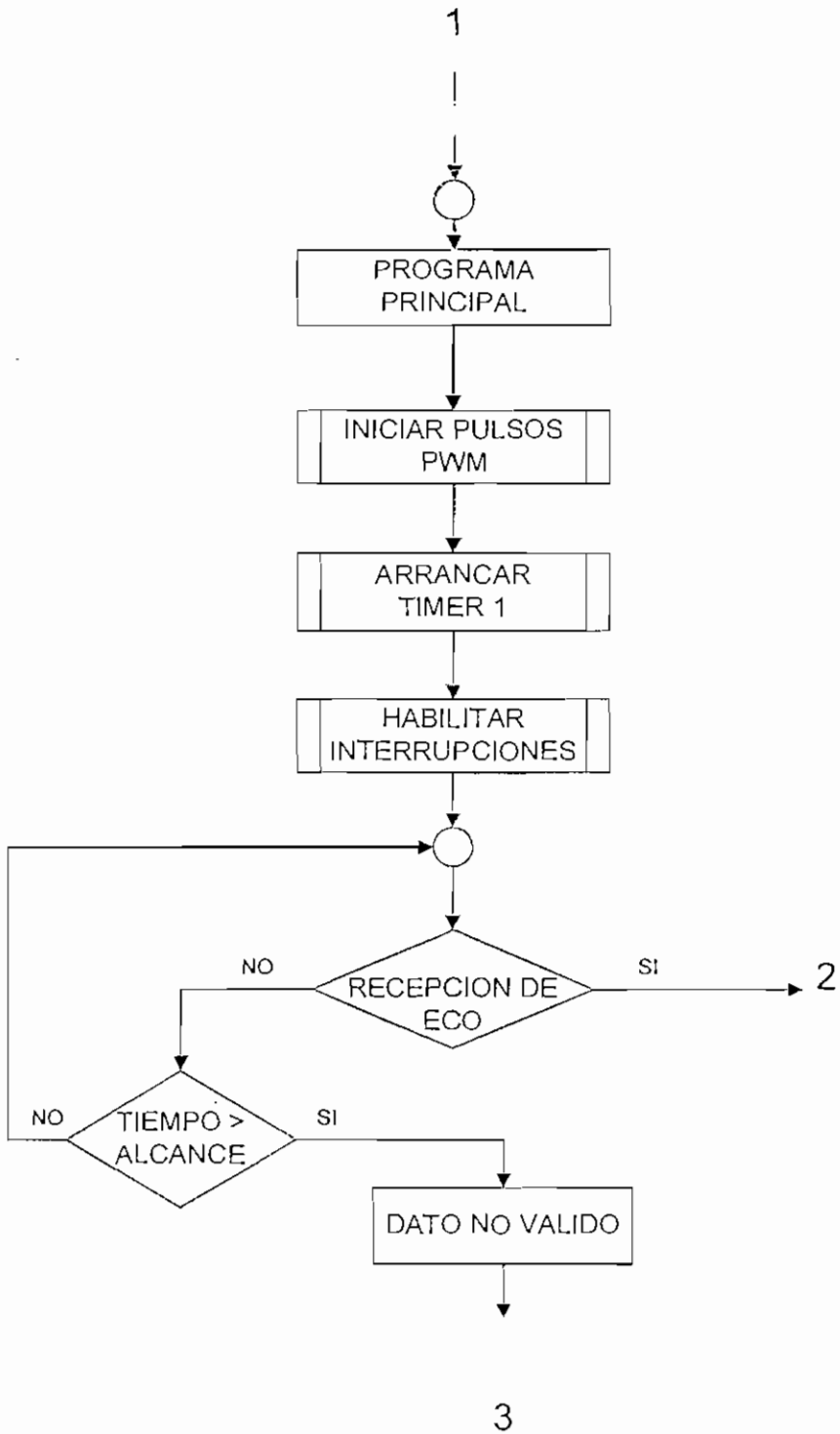
En el siguiente capítulo se mostrarán las pruebas realizadas en el transcurso del desarrollo del dispositivo así como los resultados que se presentaron.

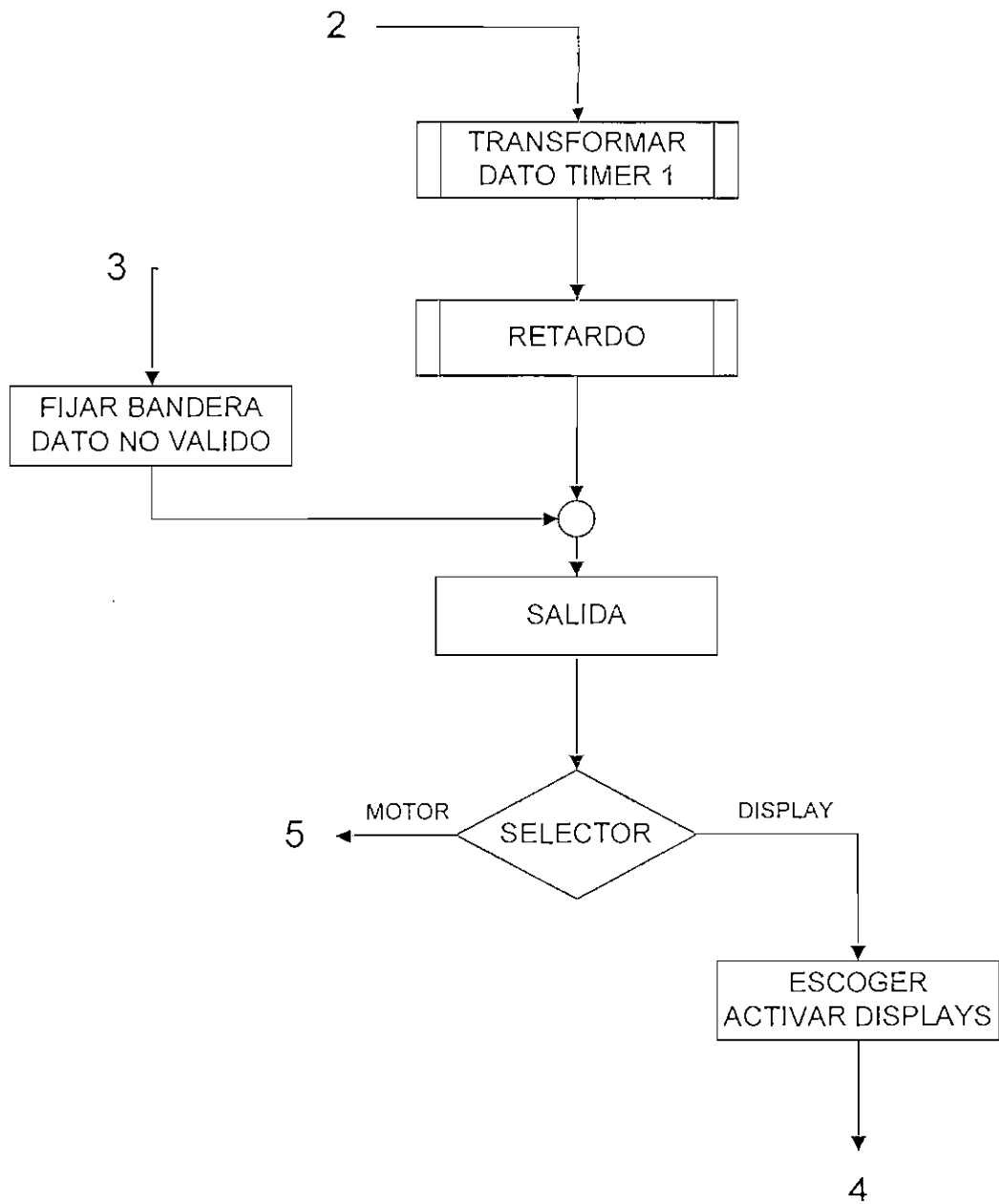
## 3.5 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROGRAMA IMPLEMENTADO

### 3.5.1 CONFIGURACIÓN INICIAL

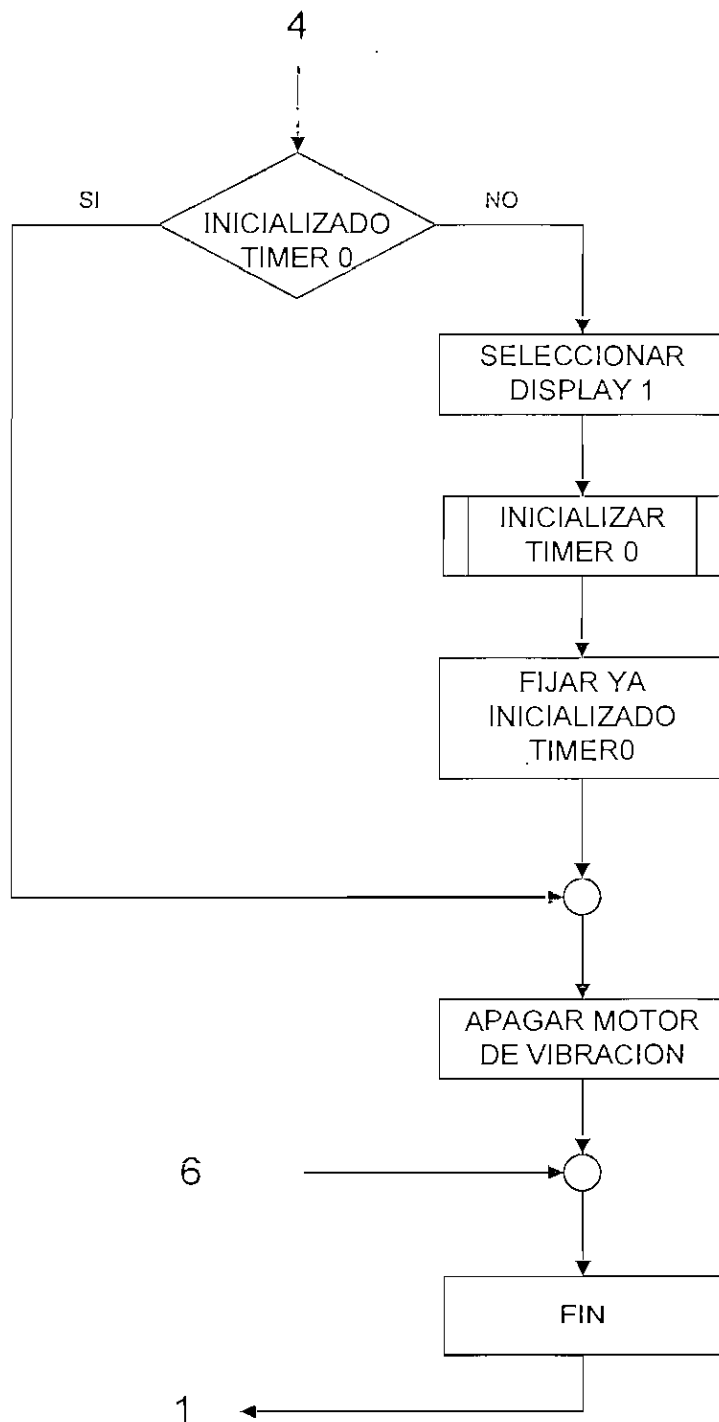


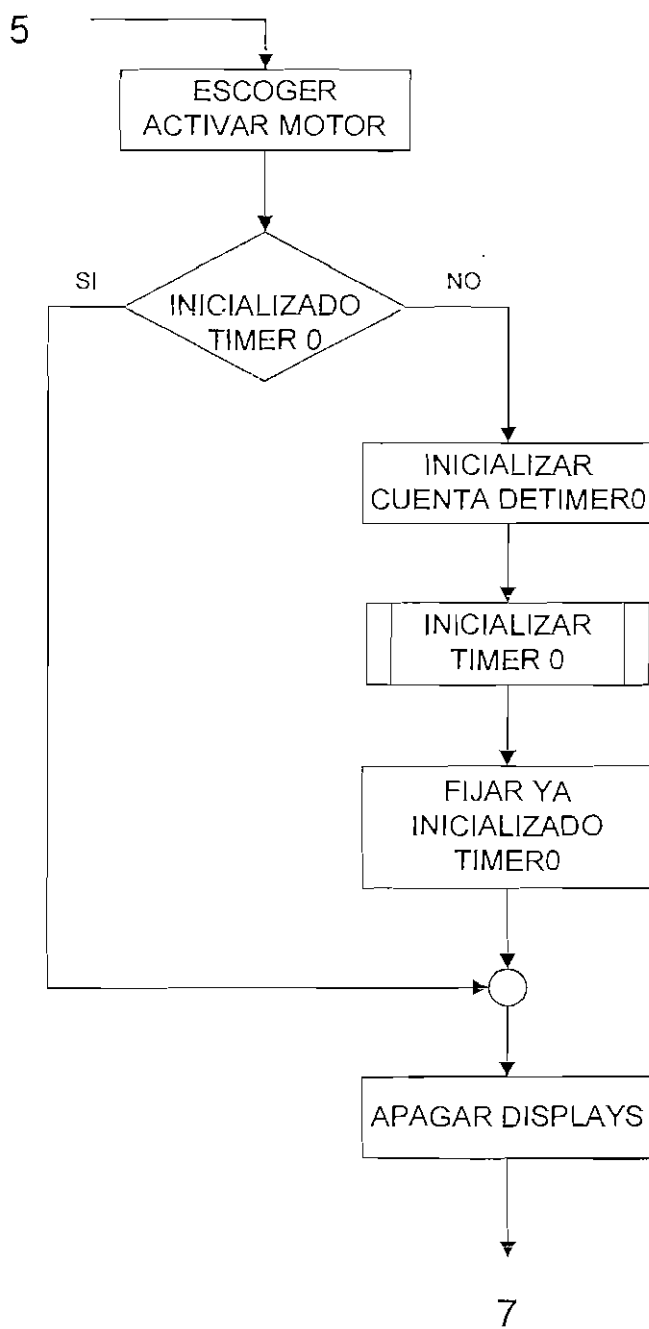
## 3.5.2 PROGRAMA PRINCIPAL

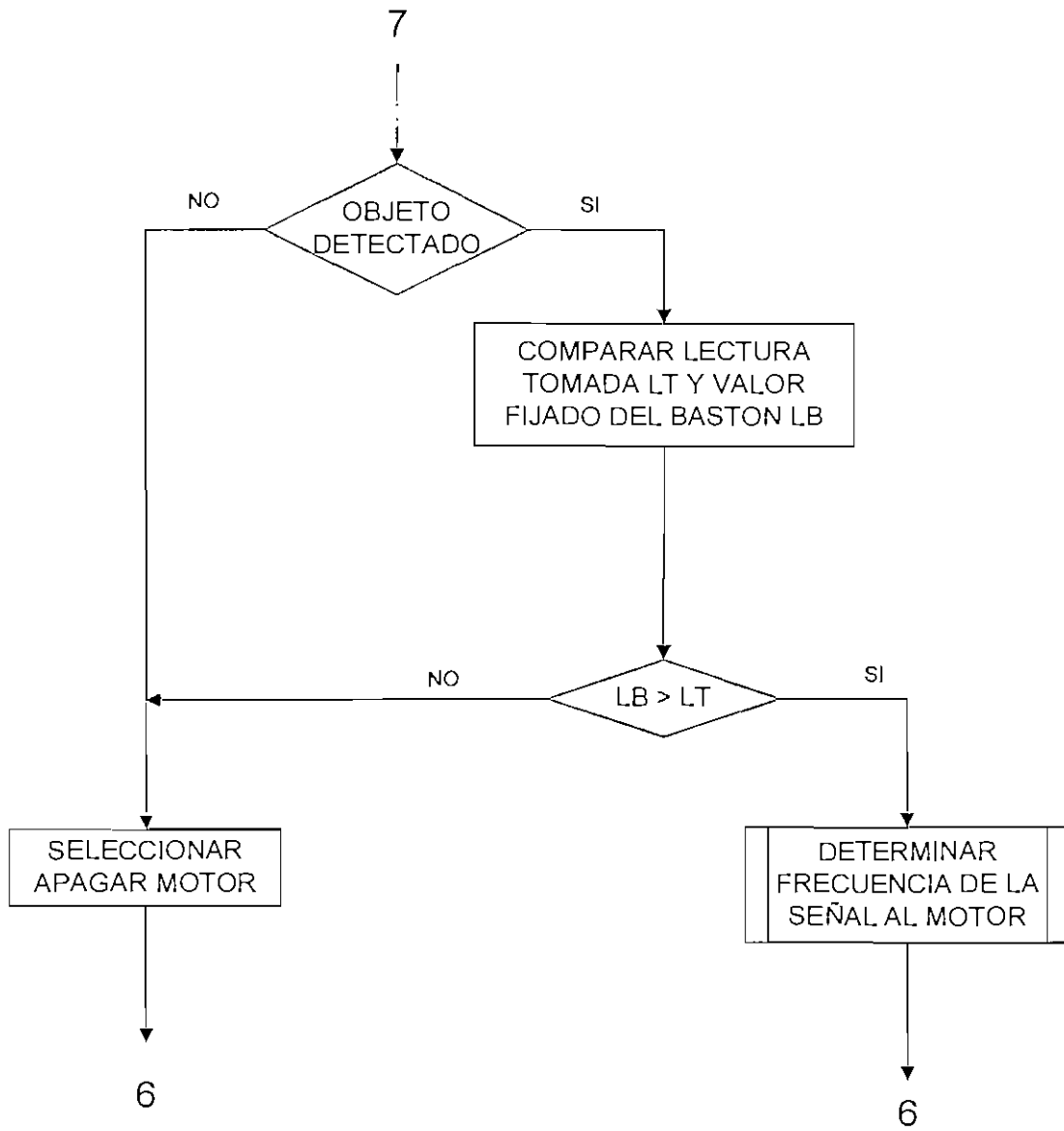




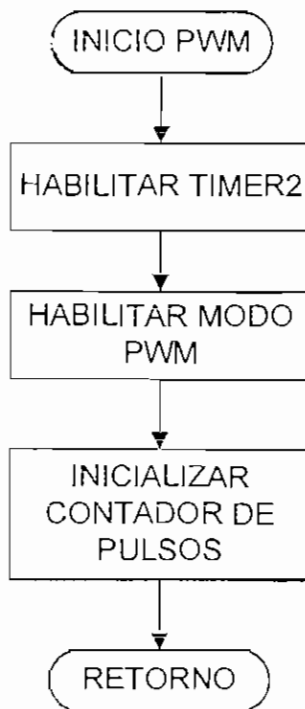




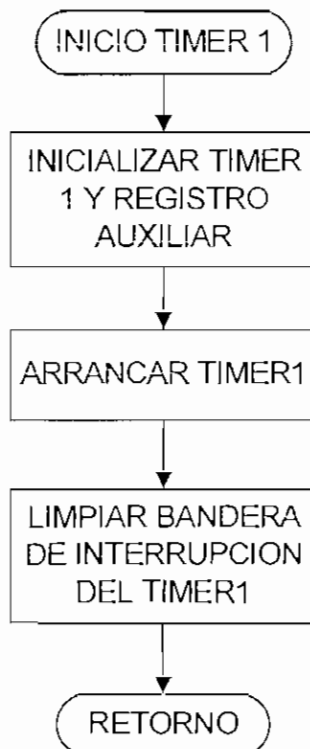




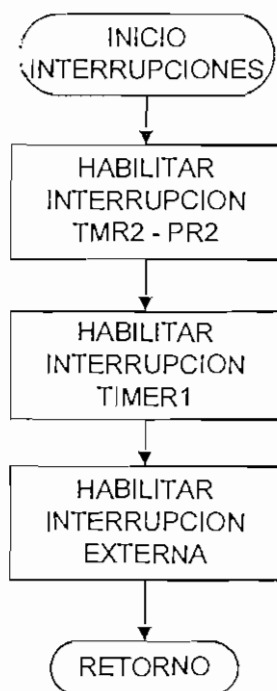
### 3.5.3 SUBROUTINA HABILITAR PWM



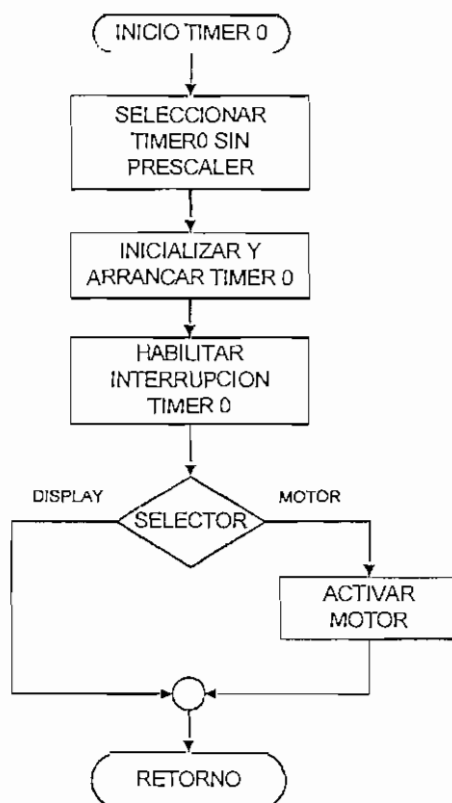
### 3.5.4 SUBROUTINA INICIAR TIMER 1



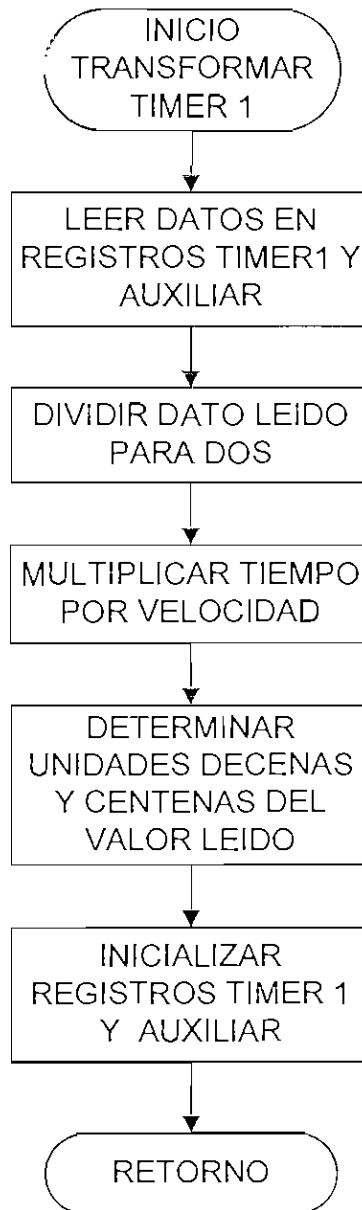
### 3.5.5 SUBROUTINA HABILITAR INTERRUPTONES



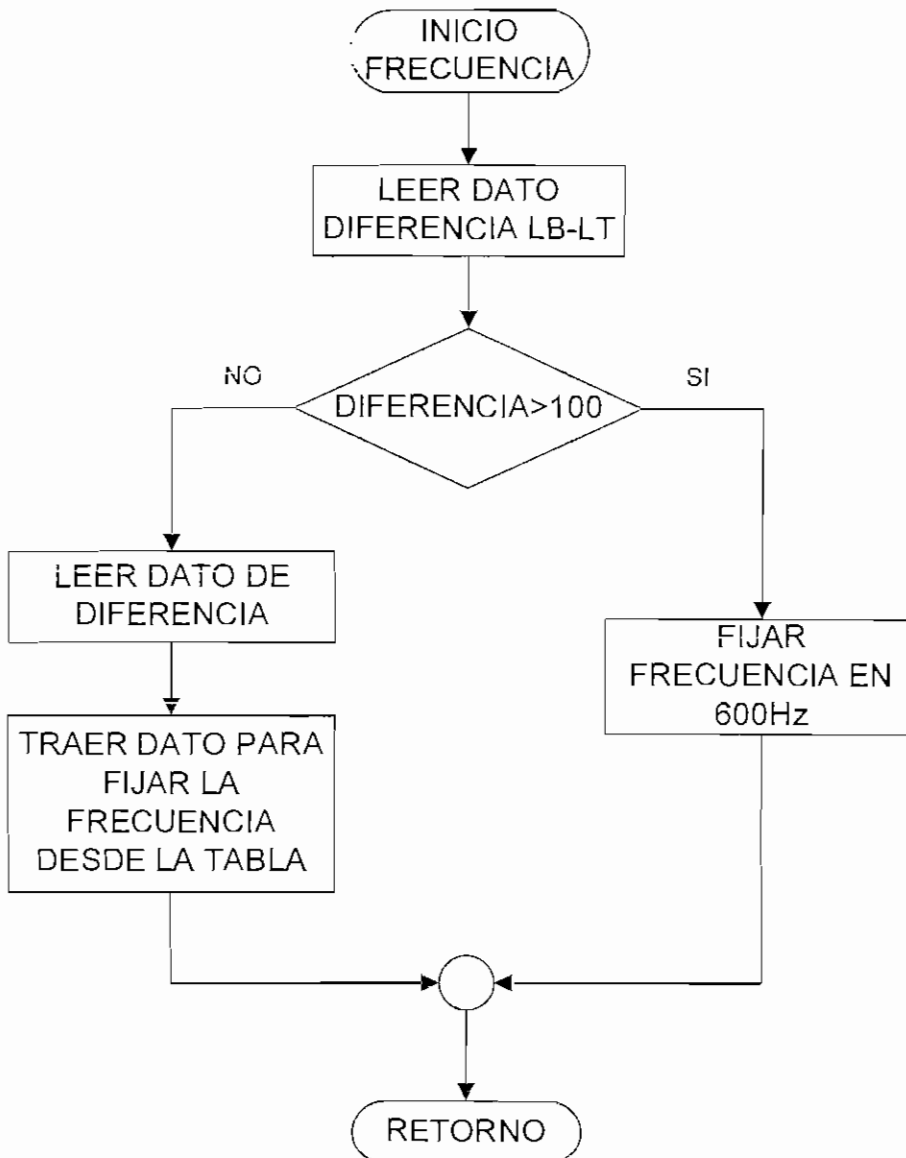
### 3.5.6 SUBROUTINA INICIAR TIMER 0



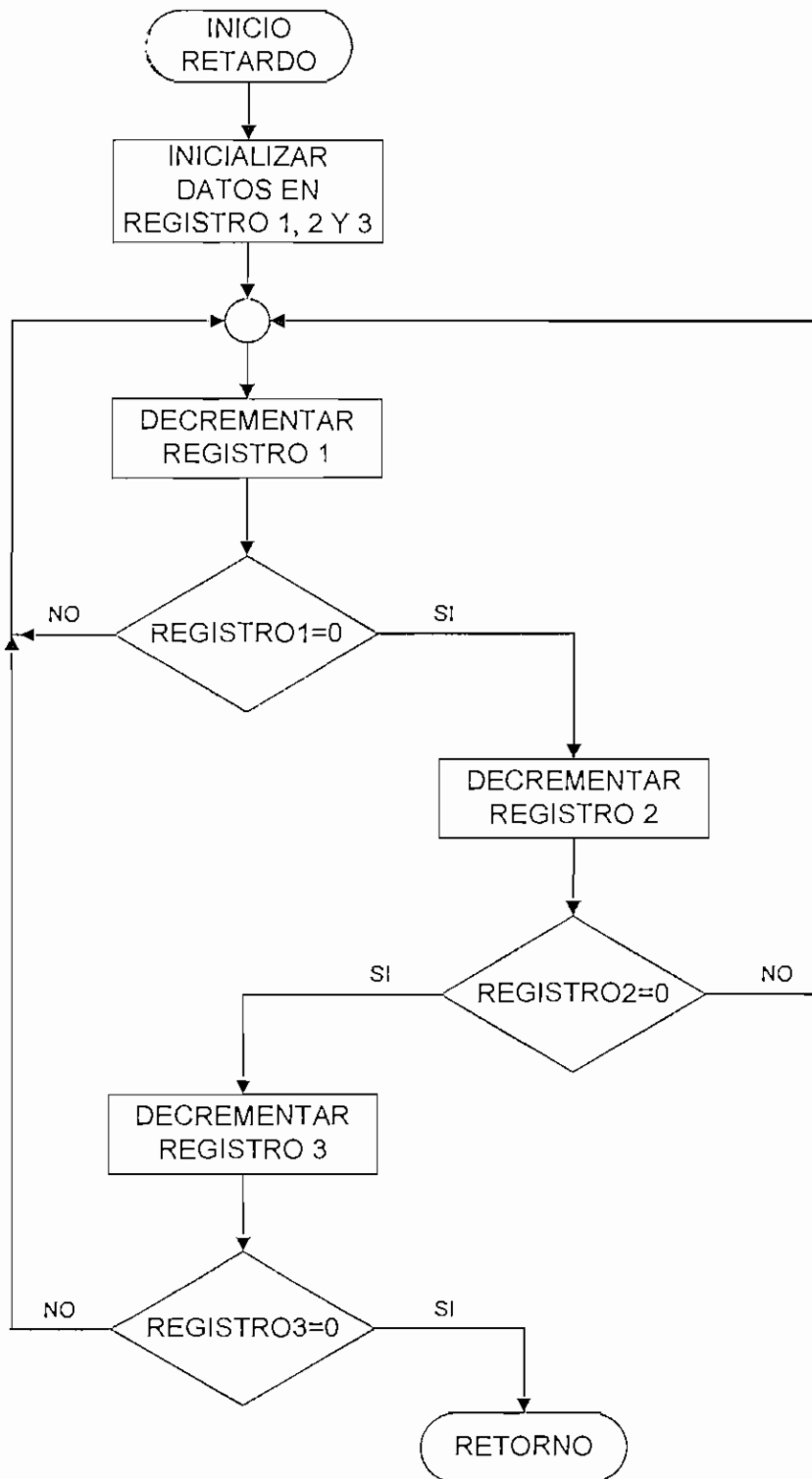
### 3.5.7 SUBROUTINA TRANSFORMAR DATO DEL TIMER 1



## 3.5.8 DETERMINAR FRECUENCIA DEL MOTOR

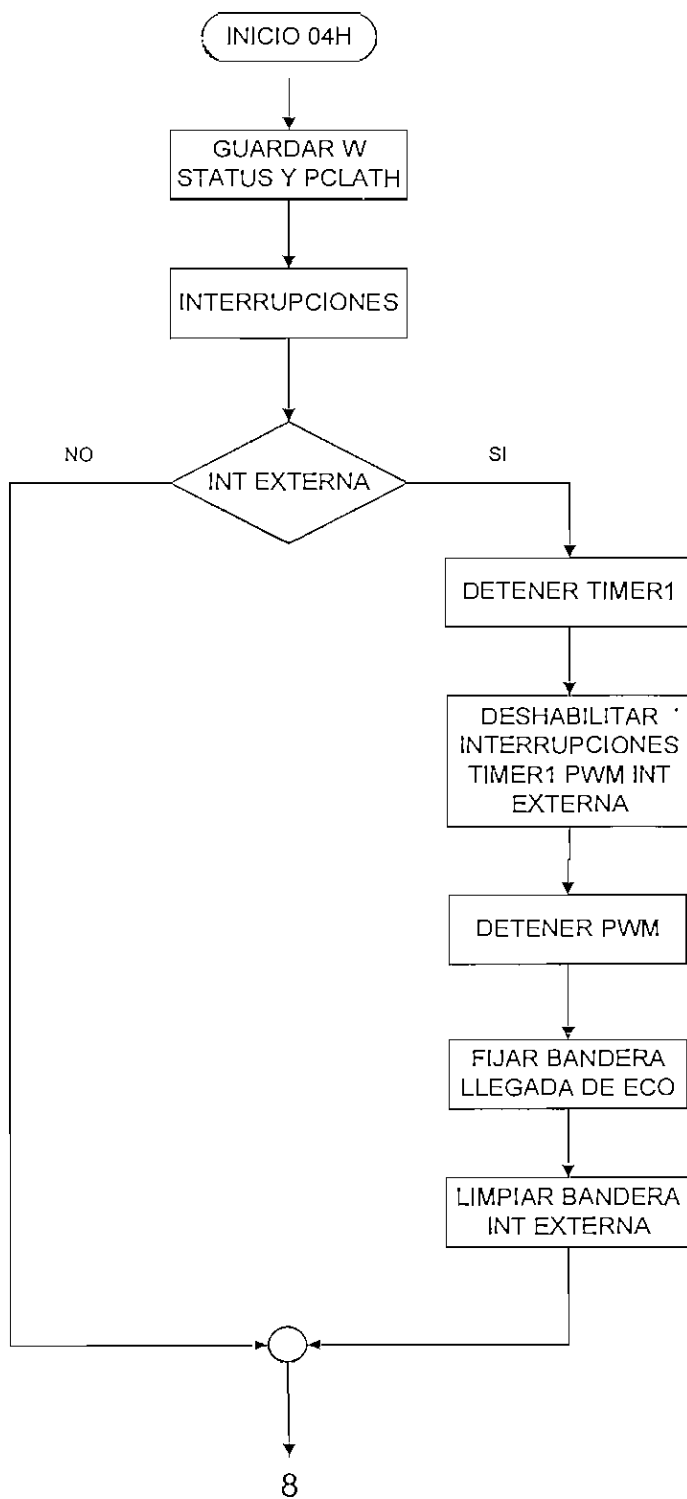


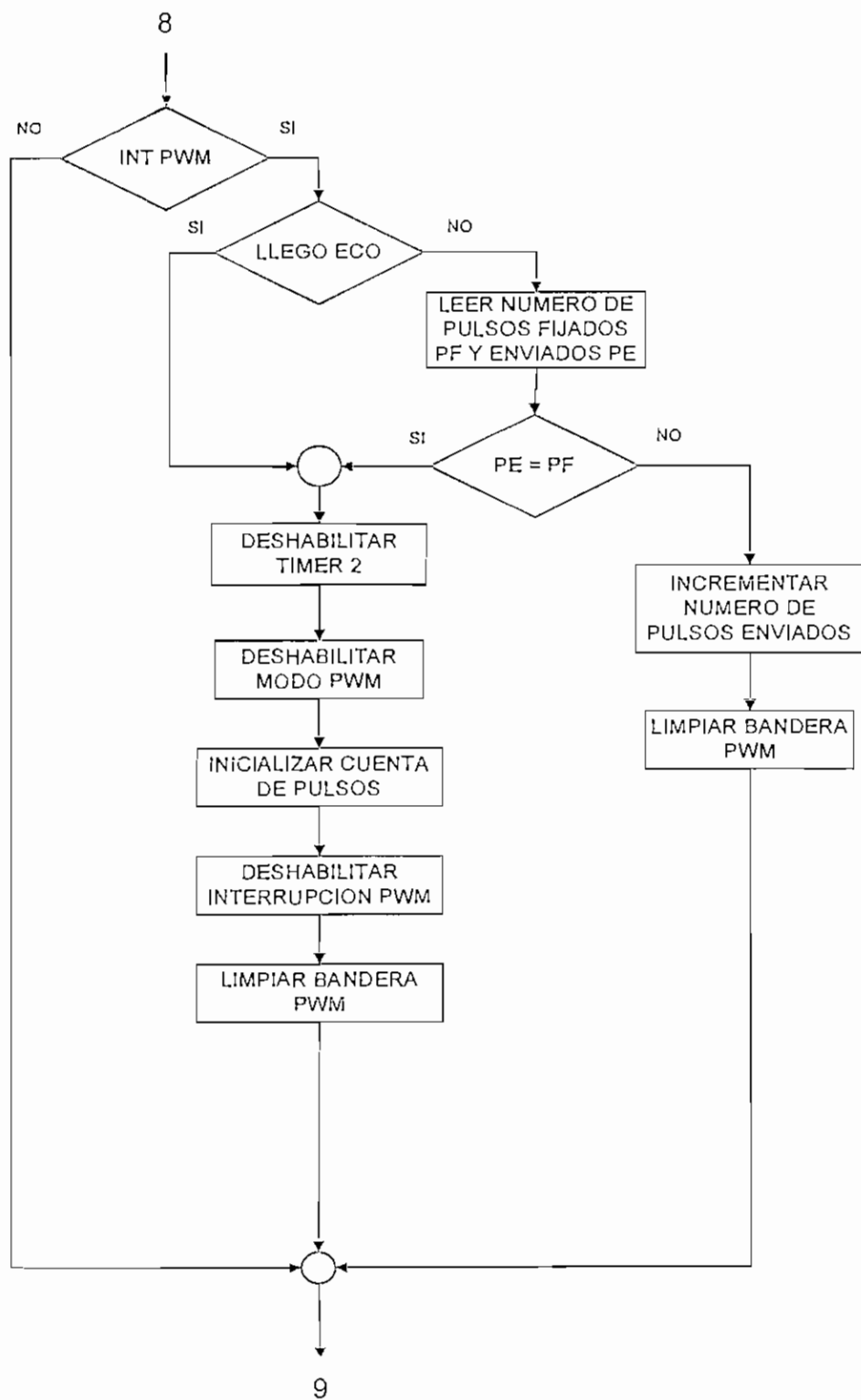
## 3.5.9 SUBROUTINA DE RETARDO

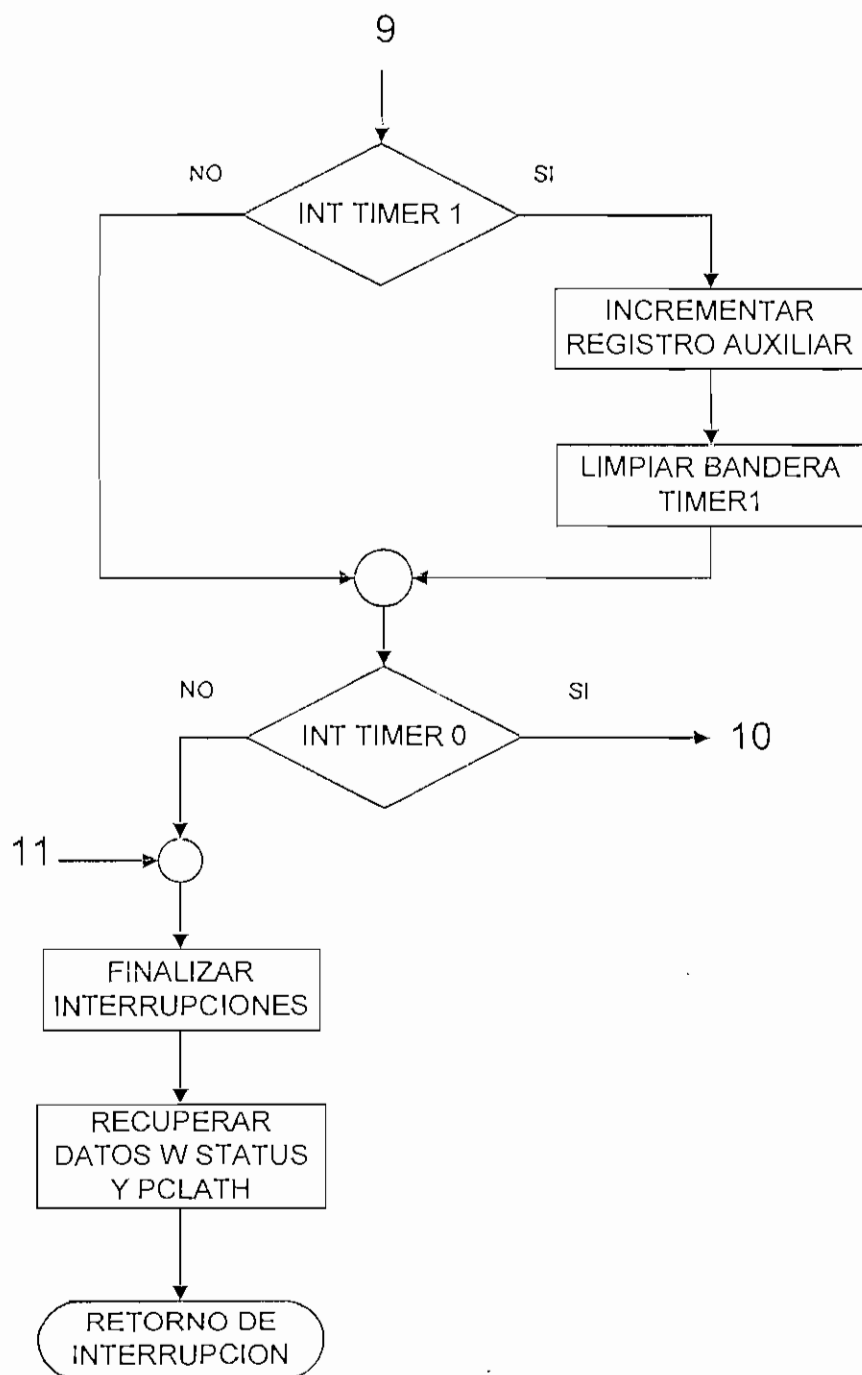


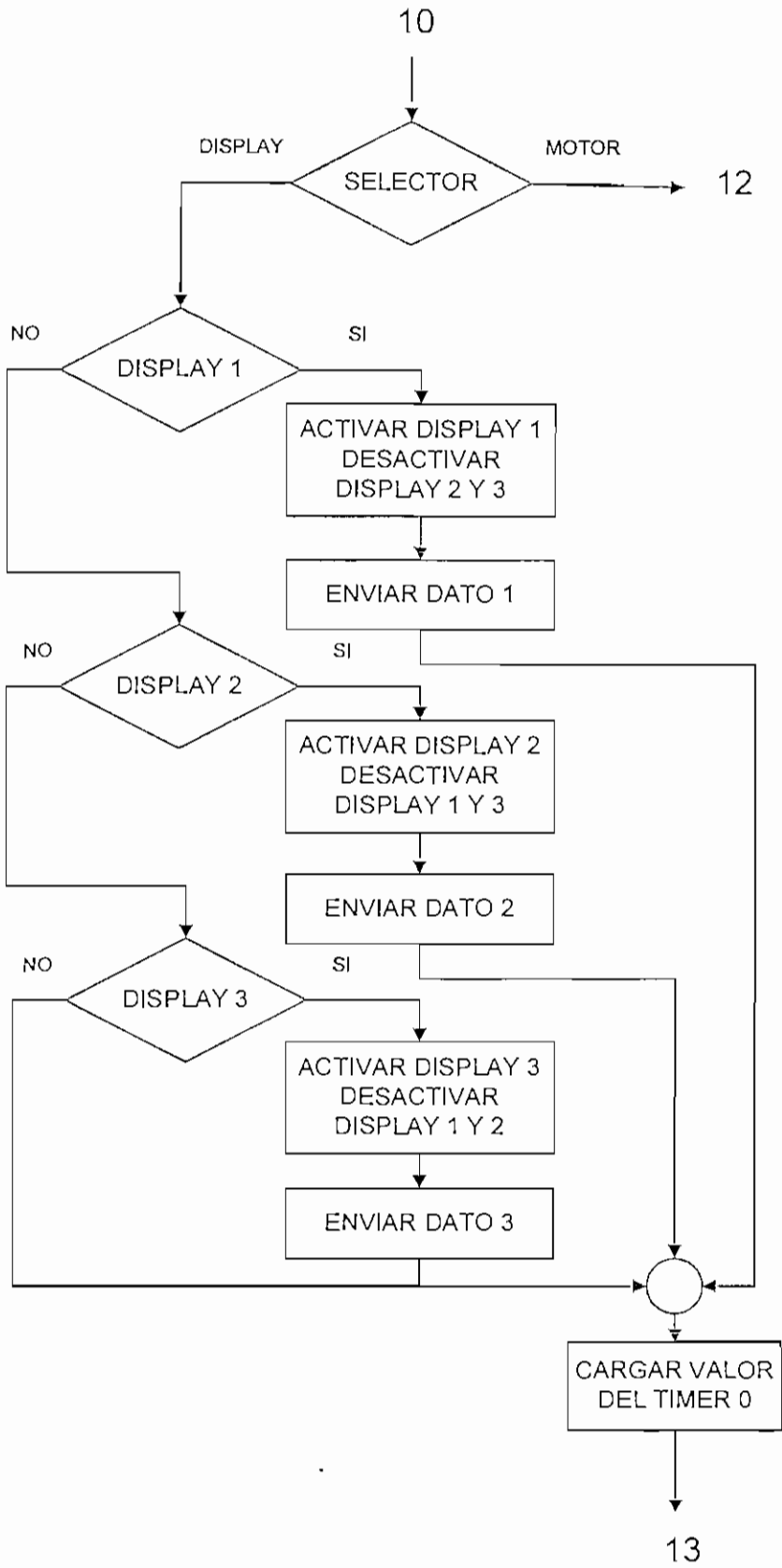


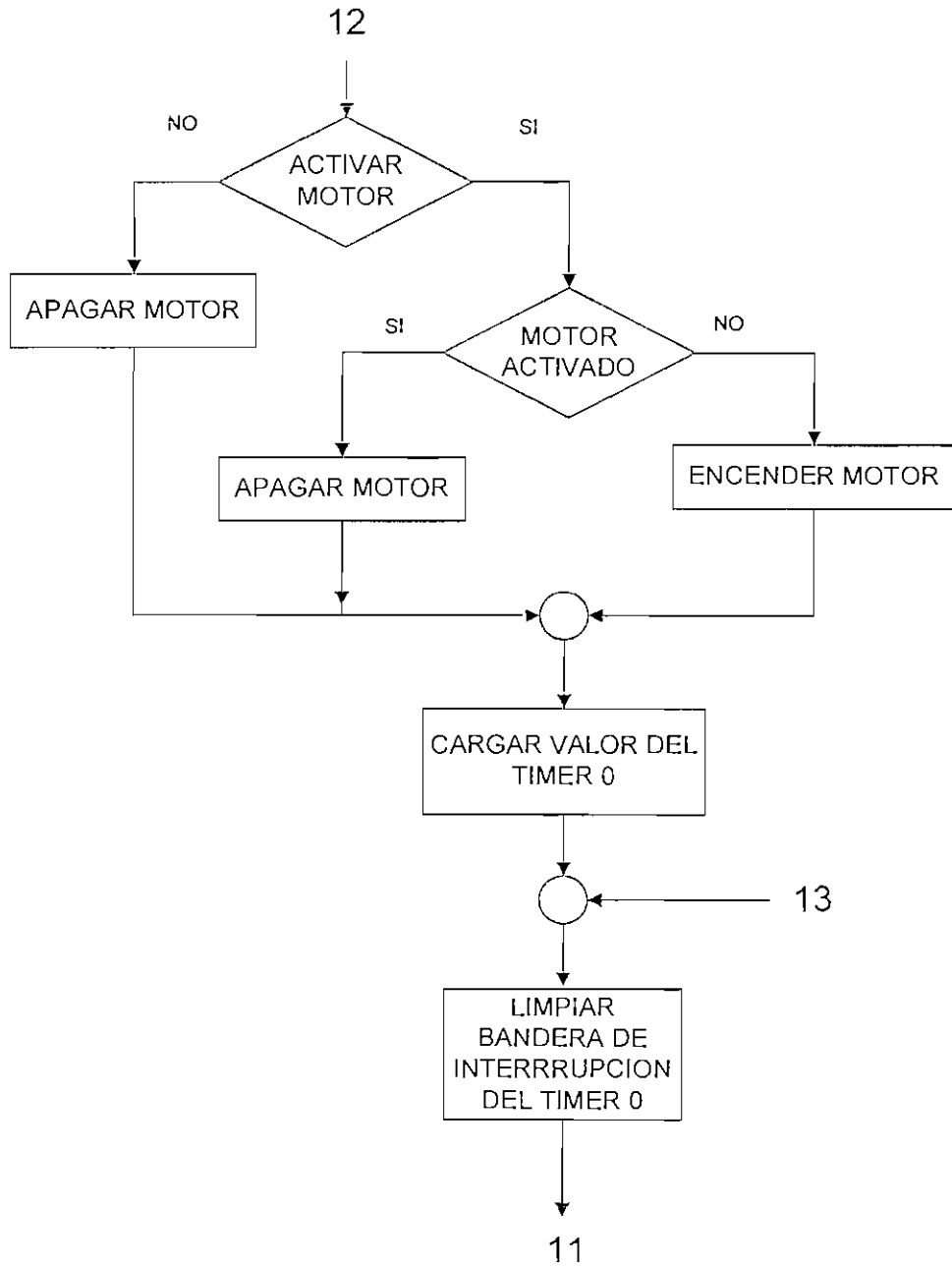
## 3.5.10 INTERRUPCIONES











## PRUEBAS Y RESULTADOS

Los sistemas de ayudas en la movilización para no videntes en general tienen como objetivo el brindar información adicional a la generada por el bastón blanco y debido a la gran cantidad de información se convierten en sistemas de gran tamaño y con elevado costo.

En el presente proyecto se generan indicaciones de distancia entre el usuario y objetos interceptados cuando se interpongan en el camino a seguir. Una vez implementados los circuitos a utilizarse y el programa de control, se realizaron pruebas para obtener una adecuada transformación del tiempo registrado en el microcontrolador desde que se inicia la emisión de señales de ultrasonido hasta la recepción del eco de la señal, en el valor que representará la distancia en centímetros al objeto interceptado.

### 4.1 UBICACIÓN DE SENSORES

Para establecer la posición de los sensores se realizaron pruebas que permitirán escoger de entre dos alternativas la que brinde los mejores resultados de detección de objetos y ocupe el menor espacio.

#### 4.1.1 SENSORES EN LÍNEA

Empleando un vidrio que es un objeto de superficie plana con un alto índice de refracción de ondas, y colocando los sensores como indica la Figura 4.1 se registraron los valores de distancia que indica el dispositivo colocándolo frente al objeto de esta prueba. En la Figura 4.2 se observa la gráfica de los valores registrados por el dispositivo y los correspondientes tomados visualmente con un patrón métrico.

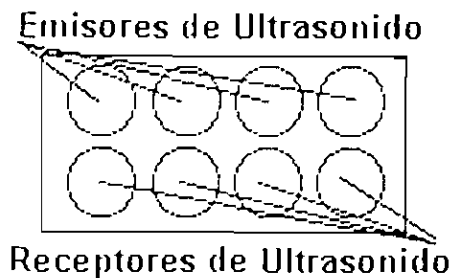


Figura 4.1 Emisores y Receptores en Línea

Al observar la gráfica de la Figura 4.2 que presenta las medidas tomadas visualmente como distancia real y los valores registrados por el dispositivo como distancia dispositivo, se puede comprobar que la relación de transformación establecida se mantiene aproximadamente igual para valores centrales, mientras que en valores inferiores a 25cm las medidas son diferentes, esto se debe a la zona muerta que se presenta al emplear sensores de ultrasonido, los valores fueron registrados hasta un valor máximo en que el microcontrolador ya no registra el eco de manera constante, observándose que con esta ubicación de los sensores no se tiene un alcance mayor a 1,2 metros.

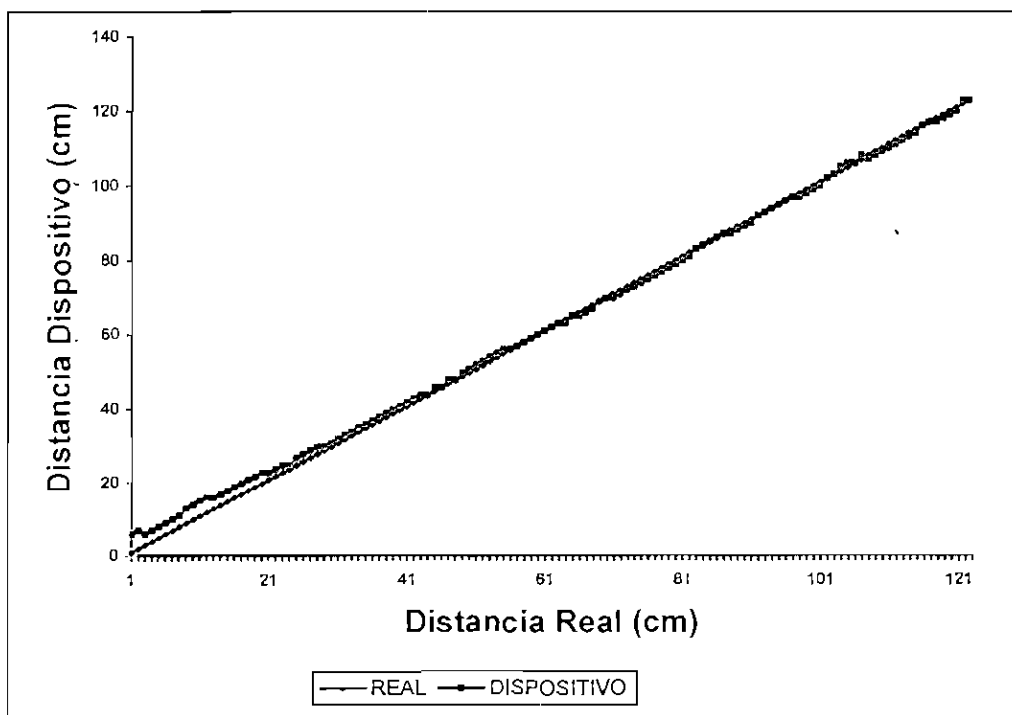


Figura 4.2 Valores De Distancia Empleando Sensores En Línea

#### 4.1.2 SENSORES CONCÉNTRICOS

Para la realización de esta prueba se mantuvieron las condiciones de la prueba anterior en cuento al objeto de vidrio y la forma de tomar las medidas, pero cambiando la posición de los sensores a la que se indica en la Figura 4.3

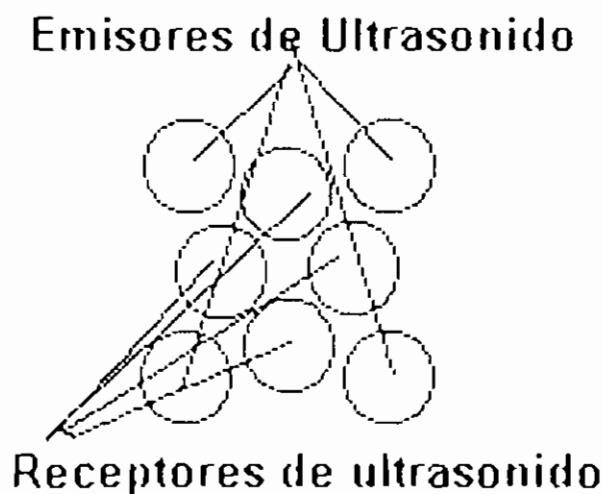


Figura 4.3 Sensores Concéntricos.

Al cambiar la posición de los sensores se puede observar en la gráfica mostrada en la Figura 4.4 que las medidas registradas por el dispositivo no se alejan de los valores tomados mediante lecturas visuales, pero la zona muerta para valores inferiores a 25 cm, se mantiene igual que con la ubicación anterior de los sensores, se observa también que el alcance con esta configuración es mayor, el microcontrolador registra el eco de la señal de manera continua para valores de distancia menores a 1,7 m.

Observando los resultados con las dos posiciones de los sensores se escoge la que ubica los receptores en una circunferencia central y los emisores en una circunferencia exterior y concéntrica, por que permiten un mayor alcance del dispositivo.



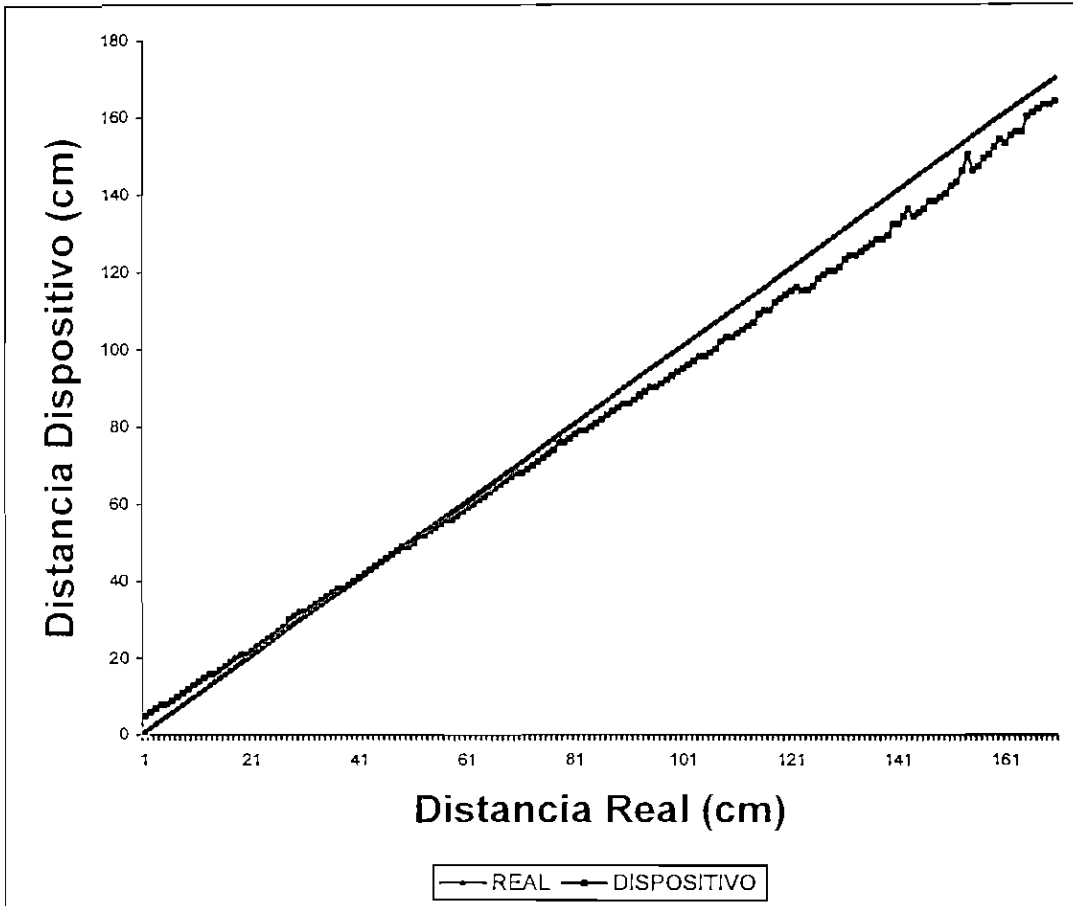


Figura 4.4 Valores de Distancia Empleando Sensores Concéntricos

## 4.2 DETECCIÓN DE DIFERENTES MATERIALES

Para la detección de objetos el dispositivo registra la señal de eco que es la reflexión de la señal emitida al incidir en la superficie de un objeto, por lo que el material de los objetos influye en las mediciones. Para comprobar el funcionamiento del prototipo en estos casos, se realizaron pruebas empleando superficies planas de diferentes materiales, en la gráfica que se muestra en la Figura 4.5 se observan los resultados obtenidos.

Las pruebas se realizaron colocando el dispositivo frente a superficies planas de concreto (pared); madera (puerta) y cartón, variando la distancia se obtuvieron los resultados mostrados, donde se puede observar que estos materiales tienen un índice de refracción que permite su detección con alcances de aproximadamente

1,5 metros, además en todos los casos se mantiene la zona muerta para valores inferiores a 25 centímetros.

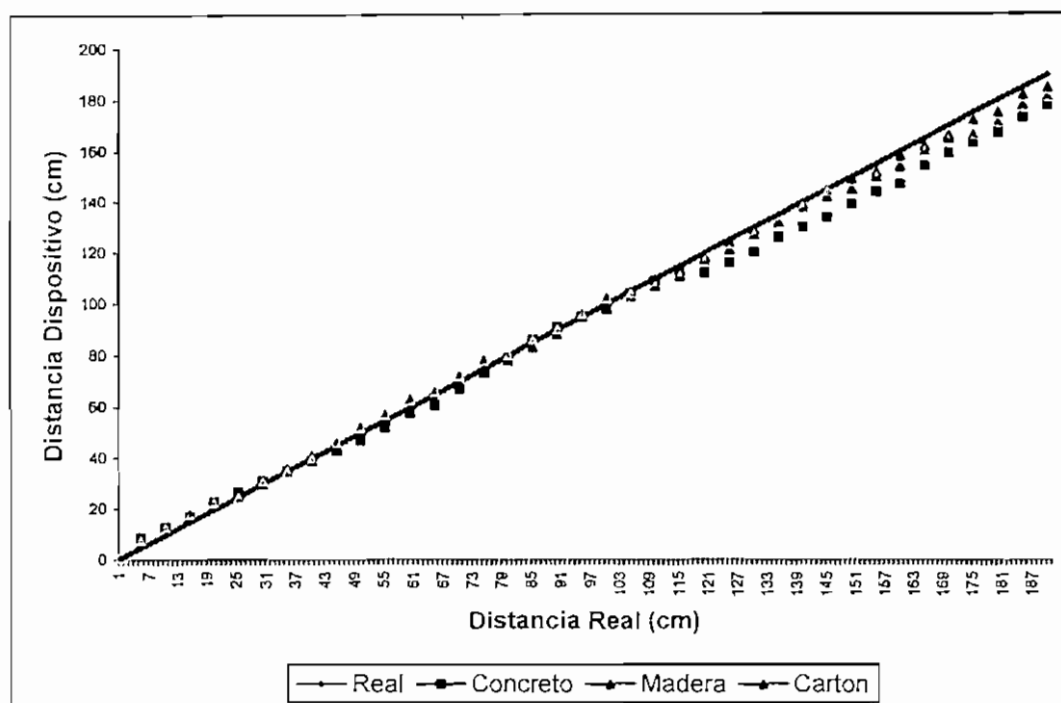


Figura 4.5 Distancia a Concreto, Madera y Cartón

Los materiales empleados para pruebas son físicamente rígidos por lo que se considera necesario realizar pruebas con otro tipo de materiales, se escogió algodón y tela empleada para vestimenta como el casimir.

Al colocar un objeto cuya superficie cuenta con varias capas de algodón, se obtuvieron los resultados mostrados en la Figura 4.6. Para esta prueba se empleó una cobija doblada para obtener una superficie plana a la cual se dirigieron las señales de ultrasonido, se puede observar que las medidas tomadas por el dispositivo difieren de las lecturas visuales tomadas con un patrón métrico en un rango mayor comparado con los casos anteriores, pero la condición más importante es que el alcance del dispositivo se reduce a 85 centímetros, siendo una limitación del sistema para estas condiciones.

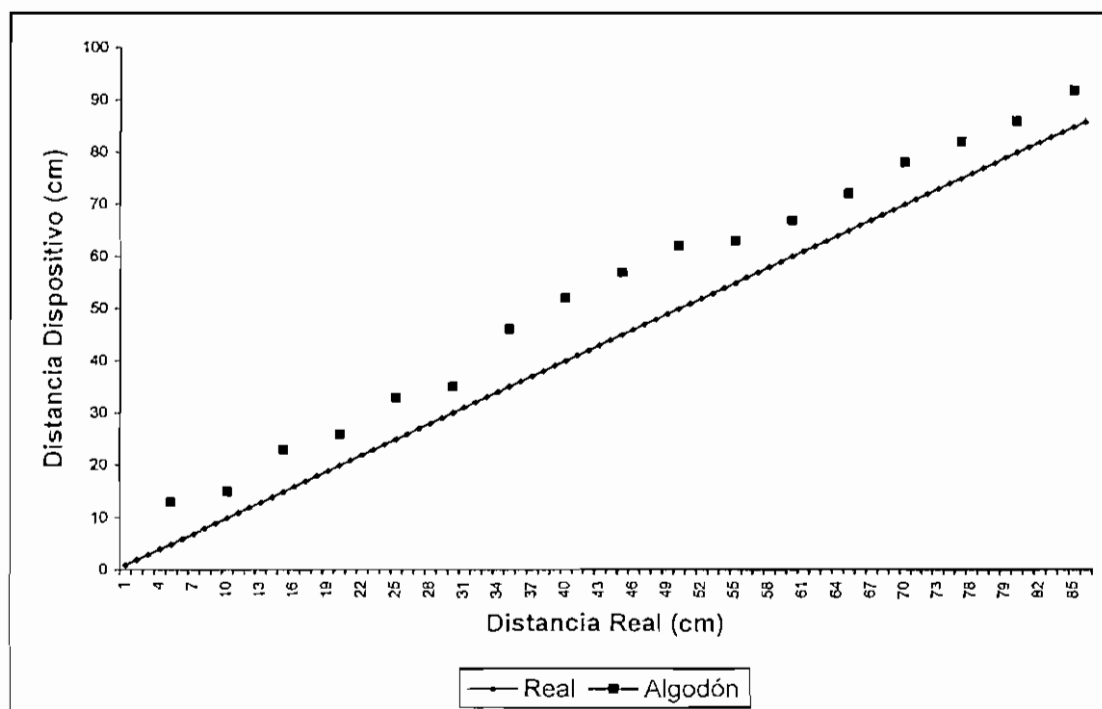


Figura 4.6 Distancia a Algodón

Al emplear para la prueba una prenda de casimir ya no se contaba con una superficie plana, los resultados de las mediciones de distancia entre el dispositivo y la prenda se muestran en el gráfico de la Figura 4.7. Se puede observar que la distancia registrada por el dispositivo varía en comparación con la medida tomada con el patrón métrico, y al igual que en el caso anterior el resultado más significativo de la prueba es determinar el alcance del dispositivo que para el caso de la prenda de casimir es de 80 centímetros.

Una vez determinadas las limitaciones del prototipo al registrar distancia a objetos que se encuentran en un plano perpendicular a la línea de incidencia de los rayos, se procede a realizar pruebas en las que se pueda considerar al dispositivo en funcionamiento.

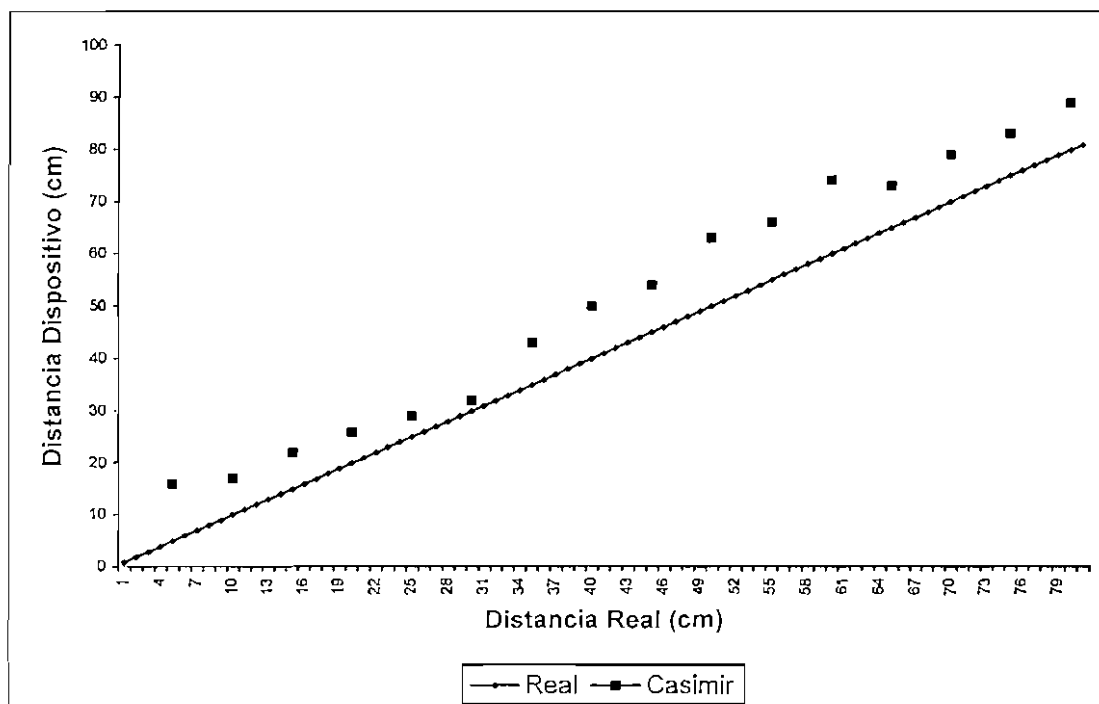


Figura 4.7 Distancia a Prenda de Casimir

### 4.3 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

Para realizar las pruebas de funcionamiento del dispositivo se colocó a los sensores en la mano, y haciendo movimientos semicirculares conseguir determinar la presencia de algún objeto en el camino para que una vez detectada una señal que indique interferencias en las ondas, mover el dispositivo cambiando su inclinación para determinar la extensión del objeto interceptado por las señales de ultrasonido; de esta manera el usuario puede buscar el camino a seguir esquivando los obstáculos.

En las pruebas se buscó determinar el alcance del dispositivo cuando se trata de otras personas que se acerquen al usuario o crucen su camino. Los resultados mostraron que estos valores dependen del material de la vestimenta de las otras personas, así por ejemplo cuando se trata de lana o algodón el alcance del dispositivo es de 65 centímetros, pero si se trata de vestimenta hecha en jean o cuero el alcance del dispositivo aumenta a 95 centímetros, y cuando se trata de la piel misma de las personas el dispositivo tiene un alcance de 60 centímetros.

Si frente al usuario se presentan muebles como sillones o camas en los que se tienen estructuras rígidas recubiertas con algodón, lana o esponja el usuario detectará su presencia cuando se encuentren a 70 centímetros de distancia, considerando que el usuario en su caminar varíe el ángulo de inclinación de los sensores de tal manera que las señales de ultrasonido puedan regresar en forma de eco.

En el caso de paredes y otras construcciones de concreto, el usuario recibirá una señal de su presencia cuando se encuentre a 100 centímetros de ellas, dependiendo también del ángulo de incidencia de las señales. En este caso si se tiene los sensores frente a una superficie plana será detectada hasta a 150 centímetros.

En el caso de muebles que no tienen superficies de construcción grandes como patas de mesas, sillas, puertas de rejillas se observó que el dispositivo registra la presencia de estos objetos a 75 centímetros del usuario.

Para superficies de muebles recubiertas en cuero como sillones o sillas se tiene que el dispositivo registra la presencia de estos objetos con un alcance de 125 centímetros.

Cuando se trata de superficies planas de plástico o de cartón, el dispositivo indicará la presencia de estos objetos con una distancia máxima de 140 centímetros.

La principal limitación del dispositivo es no poder determinar la distancia desde la mano del usuario al piso, esto ocurre debido a la propiedad de reflexión de las ondas que se aplica a las señales de ultrasonido. Analizando este principio en la Figura 4.8 se observa el recorrido que tendrían las señales al direccionar los sensores al piso.

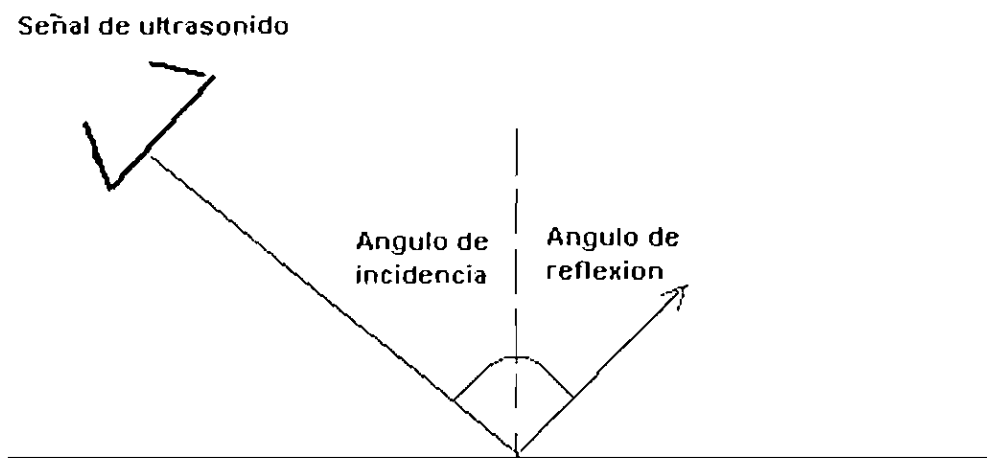


Figura 4.8 Reflexión de Ondas

En este capítulo se ha definido mediante pruebas las condiciones de funcionamiento del dispositivo, y partiendo de la información inicial, del desarrollo del dispositivo y de los resultados obtenidos en las pruebas realizadas se concluye que se cuenta con un dispositivo que emula el funcionamiento de un bastón blanco para no videntes; midiendo la distancia desde el usuario del mismo hacia los objetos y entregando esta información en forma de vibración de diferente frecuencia, más alta mientras más cerca esté el objeto.

En la Figura 4.9 se puede observar al dispositivo desarrollado en el montaje a emplearse.



Figura 4.9 Montaje del dispositivo

---

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Durante el desarrollo de dispositivo y a partir de las pruebas realizadas se pudo determinar que:

El alcance obtenido con un par emisor receptor de ultrasonido se aumenta al incrementar el número de sensores empleados debido a la superposición de ondas.

Al aumentar el número de pulsos que activan los transmisores de ultrasonido, se aumenta el alcance por el incremento de la energía emitida.

El material y la superficie del objeto interceptado y el ángulo de incidencia de las señales de ultrasonido son los principales factores que condicionan la detección de los objetos.

Al tratarse de diferentes materiales se cambia el índice de refracción de la onda, lo cual afectará al alcance del dispositivo y no en la determinación de la distancia existente hasta el objeto.

Al tratarse de superficies rígidas y planas se tienen las mejores condiciones de detección siempre que se encuentren en un plano paralelo al plano de los sensores.

El ángulo de incidencia de las señales de ultrasonido y el plano del objeto debe ser cercano a los  $90^\circ$  para obtener una mejor detección de los obstáculos.

Si el ángulo de incidencia de la señal de ultrasonido y el plano del objeto es menor de 80 grados la señal de eco se alejará del sensor en lugar de retornar, por esta razón desde la mano del usuario no es posible determinar la distancia hasta el piso por delante del usuario.

En las señales de ultrasonido no se registran cambios por el uso de luz natural o luz artificial y las variaciones en la velocidad del sonido con las variaciones de la temperatura del ambiente son mínimas y no afectan la determinación de la distancia.

En los receptores de ultrasonido se registran las señales provenientes de la emisión de ultrasonido en sus cercanías, lo que genera ruido que no permite la detección del eco de la señal, al eliminar esta condición se crea la zona muerta que se presenta cuando se usan señales de ultrasonido.

La zona muerta de los sensores de ultrasonido es un rango de distancia en el cual no se puede determinar las variaciones de distancia y donde sólo se puede detectar la presencia de objetos.

En el presente proyecto no se considera necesario el determinar las variaciones de distancia dentro de la zona muerta que es de 20 centímetros, si en alguna aplicación se requiere, se recomienda usar a más de la determinación del tiempo de vuelo de la señal, el registrar las variaciones de nivel de la señal generada en el receptor para determinar la distancia dentro de la zona muerta.

Al conducir la señal de activación de los transmisores y al llevar la señal generada en los receptores de ultrasonido se debe considerar que se trata de una señal de alta frecuencia que se puede ver afectada por el ruido, para eliminar el ruido se puede emplear par trenzado o mejor aún cable blindado.

El rango de frecuencia de las vibraciones emitidas es de 80 Hz a 600 Hz, manteniendo estos valores fuera de los rangos perjudiciales para el ser humano.

En el presente proyecto se busca brindar una herramienta para personas discapacitadas, en este caso visualmente, y se recomienda el continuar con proyectos que permitan que la tecnología sea de ayuda en la vida de personas que pueden tener deficiencias con respecto a las demás.



---

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Anónimo , "Obstacle Detectors" , <http://www.cs.yorku.ca/~bilk/devices.html>
- [2] Shao, S., 1985, "Mobility Aids for the Blind," *Electronic Devices for Rehabilitation*, John Wiley & Sons, New York, NY, pp. 79-100.
- [3] Eye of the Pacific Guide Dogs & Mobility Services Inc, "Electronic Aids", <http://www.eyeofthepacific.org/ElectronicAids.htm>
- [4] Mann R. W., 1974, "Technology and Human Rehabilitation: Prostheses for Sensory Rehabilitation and/or Sensory Substitution," *Advances in Biomedical Engineering*, Vol. 4, Academic Press, Inc. pp. 209-353.
- [5] L. Kay, "A sonar aid to enhance spatial perception of the blind: Engineering, design and evaluation," *Radio and Electronic Engineer*, pp. 605–627, 1974.
- [6] Robert Preidt, *HealthScout Reporter*, " Seeing with Sound Sonar device allows the blind to recognize faces", [http://www.HealingWell.com/Library/News and Articles.htm](http://www.HealingWell.com/Library/News%20and%20Articles.htm), Rx Remedy, inc 22-APR-2001
- [7] Peter B.L. Meijer, "Sensory Substitution - Vision Substitution"; <http://www.seeingwithsound.com/SensorySubstitutionVisionSubstitution.htm> , 1996 - 2004
- [8] GDP Research," The Miniguide Ultrasonic Mobility Aids", <http://www.gdp-research.com.au/ultra.htm>
- [9] Shoval, S., Ulrich, I., and Borenstein, J., "Computerized Obstacle Avoidance Systems for the Blind and Visually Impaired." Invited chapter in "Intelligent Systems and Technologies in Rehabilitation Engineering." Editors: Teodorescu, H.N.L. and Jain, L.C., CRC Press, ISBN/ISSN: 0849301408, Publication Date: 12/26/00, pp. 414-448.
- [10] "Mobility Systems", <http://www.cs.yorku.ca/~bilk/mobility.html>

- 
- [11] Nahir Salazar et al, "Sensores ultrasónicos para no videntes. El Dispositivo Treboli", Universidad Pedagógica Nacional de Bogotá - Colombia, <http://enlaces.c5.cl/congreso/HTML/charla4.htm>
- [12] Young-Jip Kim, Chong-Hui Kim, and Byung-Kook Kim, "Design Of Auditory Guidance System For The Blind With Signal Transformation From Stereo Ultrasonic To Binaural Sound", Department of Electrical Engineering & Computer Science Korea Advanced Institute of Science and Technology (KAIST) 373-1 Kusong-dong, Yusong-gu, Taejon 305-701, Korea
- [13] Nurion – Raycal, "The New Lasercane™ N-2000", <http://www.nurion.net/TheLaserCaneTM.htm>
- [14] C.S./M.A.M/A.G., " Ver para creer. Nuevos dispositivos de visión artificial para personas invidentes", <http://www.diariomedico.com/tecnologia/n210100a.html>, Viernes, 21/1/00
- [15] BBC, "Implante ocular para ciegos", <http://news.bbc.co.uk/hi/spanish/news/BBCMundoCiencialmplanteocularparaciegos.htm> Jueves, 4 de diciembre de 2003
- [16] Estructplan On Line, "Control de Agentes de Riesgos, Vibraciones", [http://www.estrucplan.com.ar/contenido/shml/Shml\\_Ruidos.htm](http://www.estrucplan.com.ar/contenido/shml/Shml_Ruidos.htm)
- [17] Ricardo Rodríguez; Javier Ruiz; José Galindo, " Sensores de Ultrasonido para medir distancia", [http://www.geocities.com/micros\\_uan/Inclass/E2/homepage.htm](http://www.geocities.com/micros_uan/Inclass/E2/homepage.htm)
- [18] Jack Armijos, " Acondicionamiento de sensores de ultrasonido para aplicaciones en robótica "
- [19] Sergio Gwirc; Fernando Ferdeghini; Agata Comastri; Daniel Lupi; "Sensores ultrasónicos: respuesta a distintas formas de onda De emisión" *Centro de Investigación y Desarrollo en Electrónica e Informática (CITEI) Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI) C.C. 157, (1650) San Martín, Buenos Aires, Argentina*

- 
- [20] JinLong Machinery USA, <http://www.vibratormotor.com>
- [21] Anónimo, " 2xsensores ",  
<http://www.cucei.udg.mx/~nda67662/2xsensores.html>
- [22] Anónimo, " Fundamentos Teóricos- Ópticas ",  
<http://www.infaimon.com/catalogo/industria/optica/>
- [23] Anónimo, " Lo Nuevo En Sensores Industriales 2003 ",  
<http://www.isel.com.mx/nuevos%20sick%20sensores.htm>
- [24] Jameco, " Sensores de Ultrasonido 136653", <http://www.jameco.com>
- [25] Jameco, " Motor de Vibración 185228 ", <http://www.jameco.com>

## ANEXO A

### ESQUEMATICOS

#### A.1 VISUALIZACION

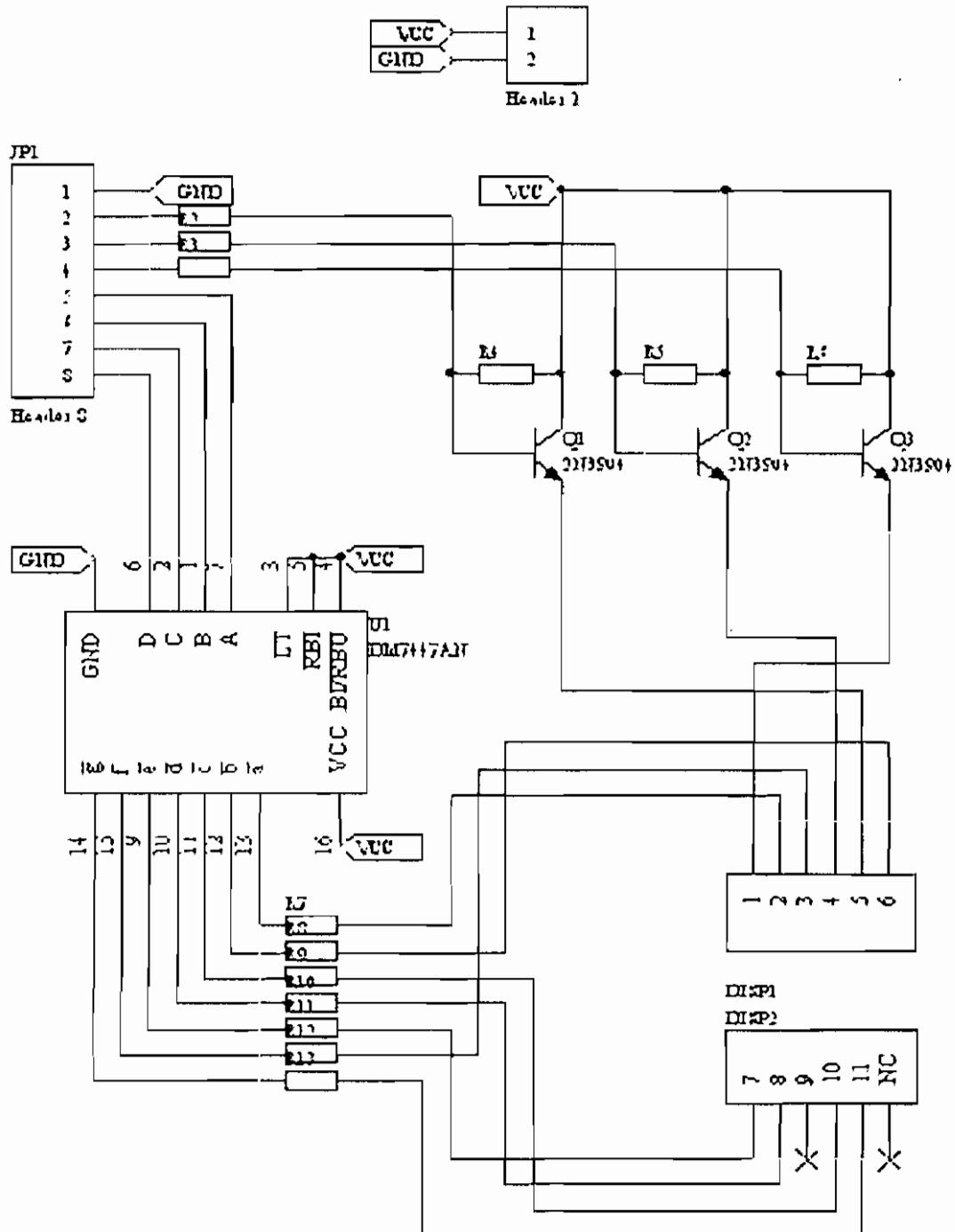


Figura A.1 Esquemático de la Tarjeta de Visualización

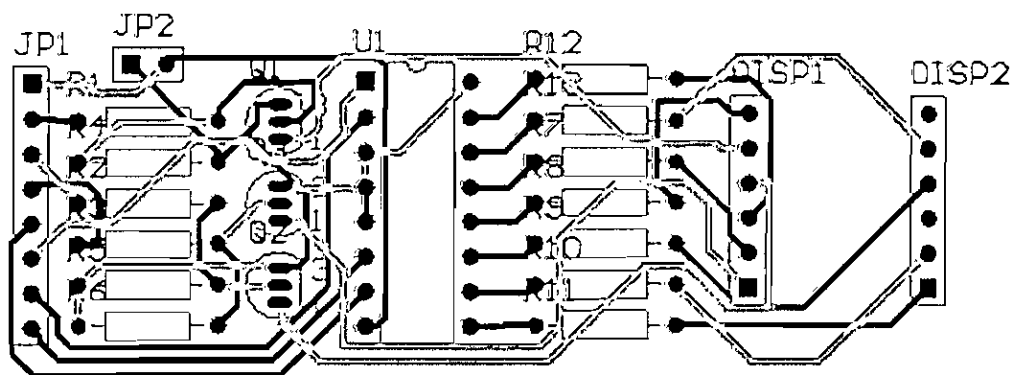


Figura A.2 Ruteado de la Tarjeta de Visualización.

Tabla A.1 Lista de Elementos de la Tarjeta de Visualización.

Nombre	Valor
JP1	Headers 8 pines
JP2	Header 2 pines Fuente
R1	5,6 k ohmios
R2	5,6 k ohmios
R3	5,6 k ohmios
R4	5,6 k ohmios
R5	5,6 k ohmios
R6	5,6 k ohmios
R7	330 ohmios
R8	330 ohmios
R9	330 ohmios
R10	330 ohmios
R11	330 ohmios
R12	330 ohmios
R13	330 ohmios
U1	7447
Q1	2N3904
Q2	2N3904
Q3	2N3904
DISP1	Display triple ánodo común
DISP2	Display triple ánodo común

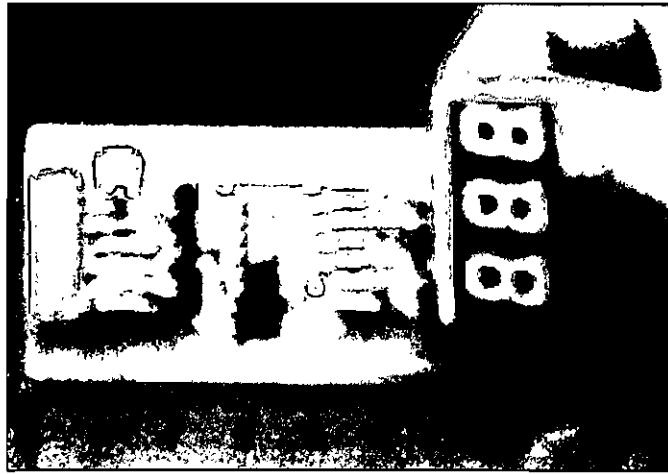
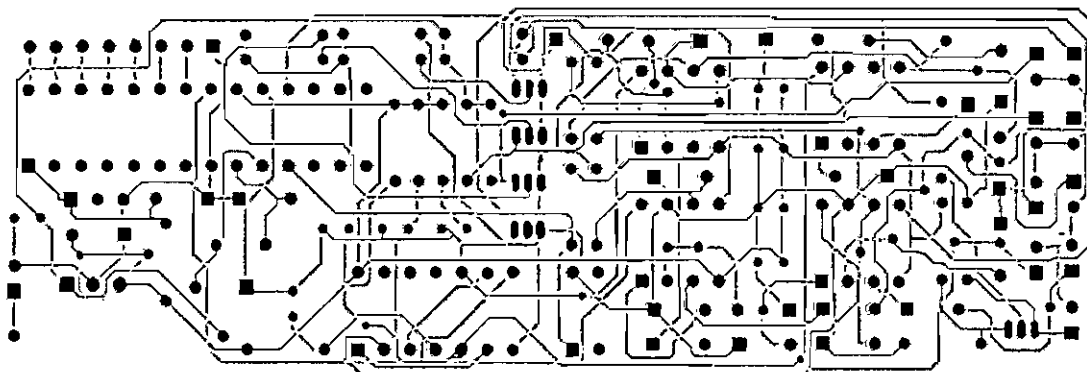



Figura A.3 Tarjeta de Visualización

## A.2 TARJETA DE CONTROL DEL DISPOSITIVO



RUTEADO TOTAL

LADO SUPERIOR 


LADO INFERIOR 

Figura A.4 Ruteado de la Tarjeta de Control

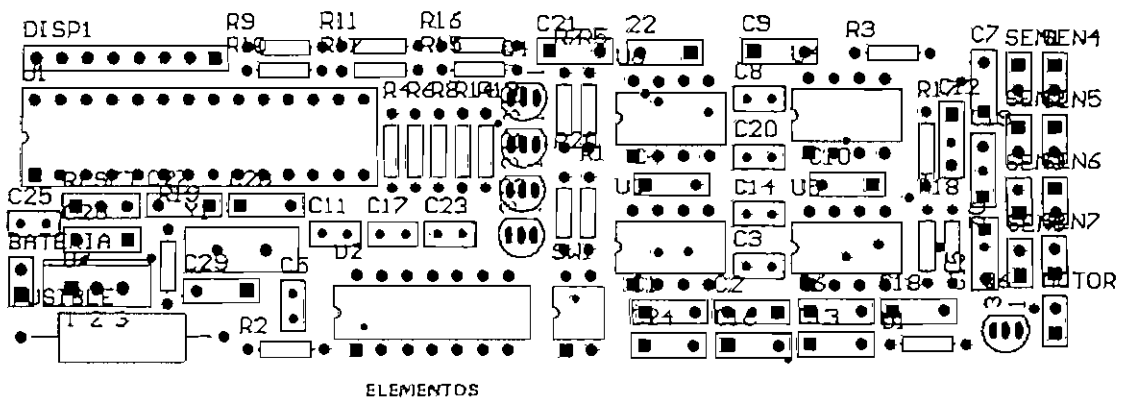


Figura A.5 Elementos de la Tarjeta de Control

Tabla A.2 Lista de Elementos de la Tarjeta de Control.

<b>Nombre</b>	<b>Valor</b>
BATERIA	Header 2 pines
MOTOR	Header 2 pines
DISP1	Headers 8 pines
SEN1	Header 2 pines Transmisor
SEN2	Header 2 pines Transmisor
SEN3	Header 2 pines Transmisor
SEN4	Header 2 pines Transmisor
SEN5	Header 2 pines Receptor
SEN6	Header 2 pines Receptor
SEN7	Header 2 pines Receptor
SEN8	Header 2 pines Receptor
U1	PIC 16F876
U2	7408
U3	LM567
U4	LM567
U5	LM567
U6	LM567
U7	7805
RESET	pulsador
SW1	Dip Switch
Q1	2N3904
Q2	2N3904
Q3	2N3904
Q4	2N3904
Q6	2N3904
D1	Zener 3,6 V
D2	1N4007
FUSIBLE	0,125 A
Y1	Cristal de 12,21 MHz
R1	2,2 k ohmios
R2	3,3 k ohmios
R3	2,2 k ohmios
R4	3,3 k ohmios
R5	2,2 k ohmios
R6	3,3 k ohmios

Nombre	Valor
R7	2,2 k ohmios
R8	3,3 k ohmios
R9	330 ohmio
R10	330 ohmio
R11	330 ohmio
R12	330 ohmio
R13	1 k ohmio
R14	1 k ohmio
R15	1 k ohmio
R16	1 k ohmio
R17	330 ohmio
R18	82 ohmios
R19	5,6 k ohmios
R20	5,6 k ohmios
C1	22 pF
C2	4,7 nF
C3	1 uF
C4	0,01 uF
C5	0,01uF
C6	10 uF
C7	0,01 uF
C8	1 uF
C9	4,7 nF
C10	22 pF
C11	0,01 uF
C12	10 uF
C13	0,01 uF
C14	1 uF
C15	4,7 nF
C16	22 pF
C17	0,01 uF
C18	10 uF
C19	0,01 uF
C20	1 uF
C21	4,7 nF
C22	22 pF
C23	0,01 uF



Nombre	Valor
C24	10 $\mu$ F
C25	10 $\mu$ F
C26	0,1 $\mu$ F
C27	0,1 $\mu$ F
C28	22 pF
C29	22 pF

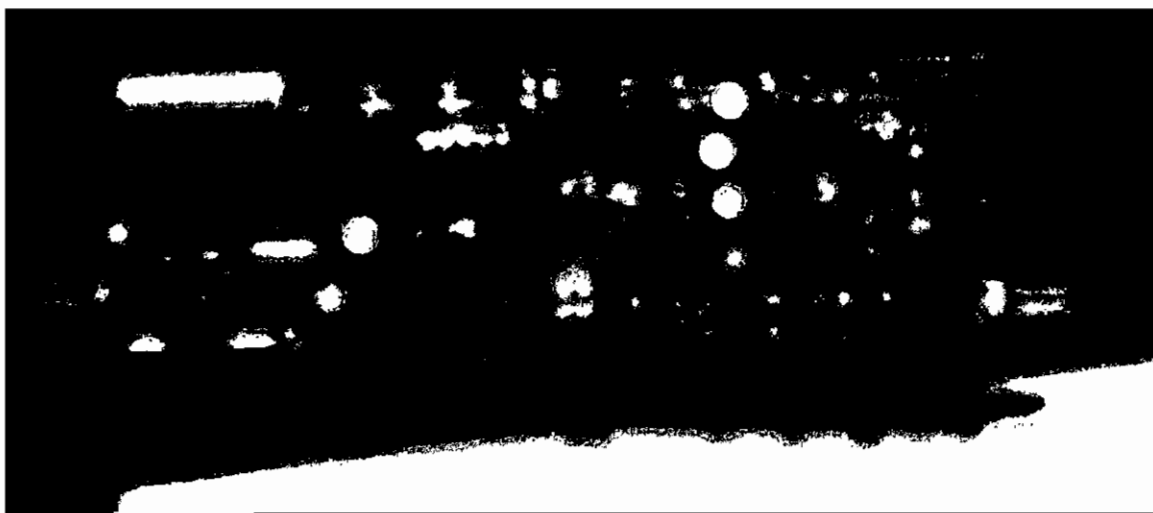


Figura A.6 Tarjeta de Control

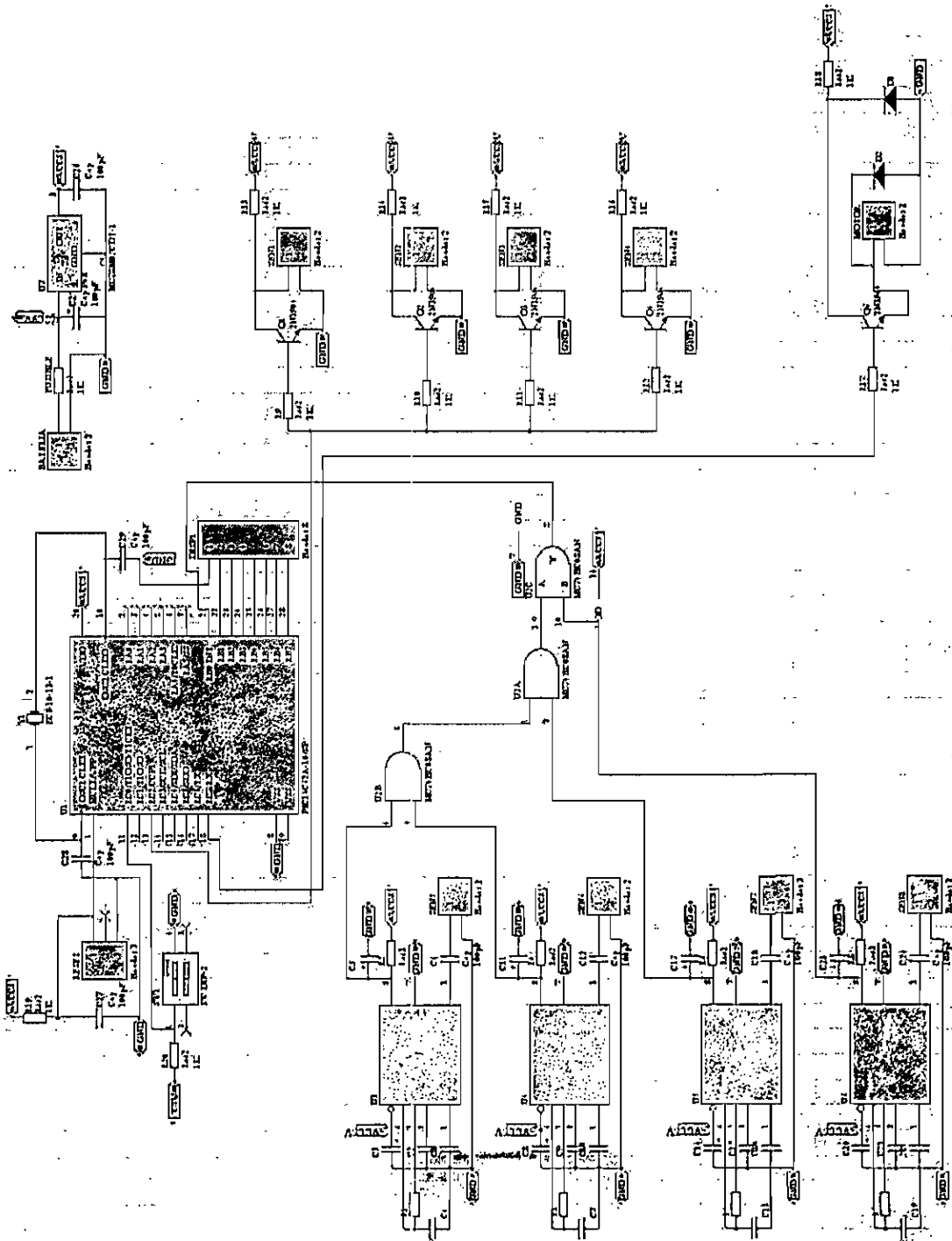


Diagrama eléctrico de la Tarjeta de Control

## ANEXO B

## HOJAS DE DATOS

## B.1 SENSORES DE ULTRASONIDO

Jameco Part number 136653

ULTRASONIC SENSOR (TRANSMITTER / RECEIVER USE)

MODEL NO.: 49TR16F (CASE:ALUMINUM/PLOWER)

MODEL NO.: 49TR16P (CASE:PLASTIC/BLACK)

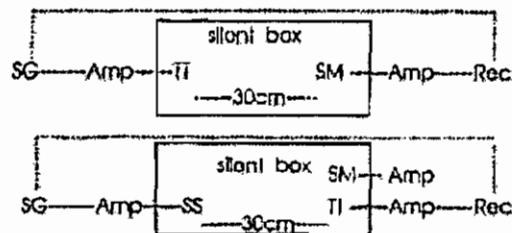
## TRANSMITTER UNIT:

. Center Frequency (KHz)	: 40.0 ± 1.0
. Sound Pressure Level (0 dB = 0.0002 μbar)	: 119 dB / 40 ± 1.0 KHz / 10V SN/30cm/Min.
. Band Width (KHz) Min.	: 4.0 / 112 dB
. Capacitance (PF)	: 2000 ± 30%

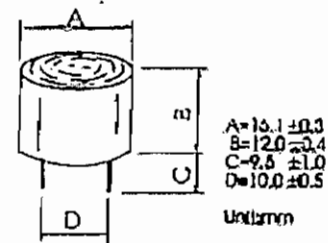
## RECEIVER UNIT:

. Center Frequency (KHz)	: 40.0 ± 1.0
. Sensitivity Min. (0 dB vs 1V μbar)	: 65 dB / 40 ± 1.0 KHz (R=3.9KΩ)
. Band Width (KHz) Min.	: 3.5 / (at -71 dB)
. Capacitance (PF)	: 2000 ± 30%

## TEST CIRCUIT:



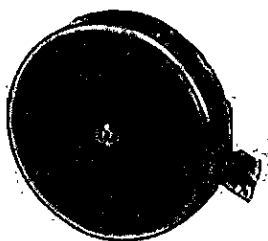
## OUTLINE DIMENSION:



TT : test transducer  
 Rec : recorder  
 SM : std. microphone  
 Amp : amplifier  
 SG : signal generator

TT : test transducer  
 Rec : recorder  
 SM : std. microphone  
 Amp : amplifier  
 SG : signal generator  
 SS : std. speaker  
 R : resistance

## B.2 MOTOR DE VIBRACIÓN



**MOTOR,VIBRATOR,3VDC@25mA  
4500rpm@3VDC,SOLDER PADS**

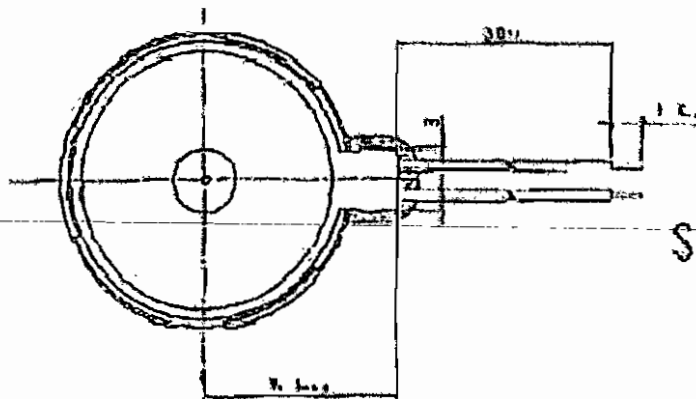
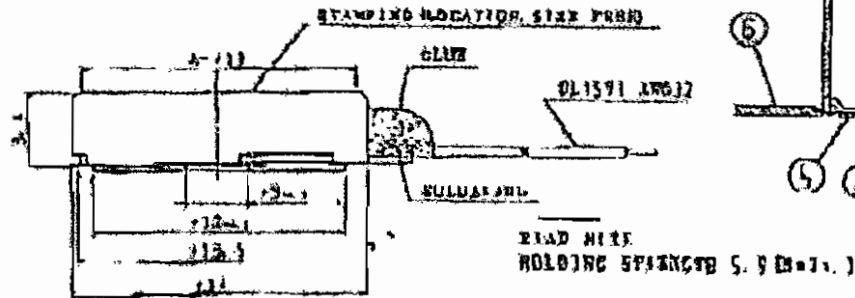
**Jameco #185228**

**Mfg Ref # YOKYOPARTS(1E120)FM31E**

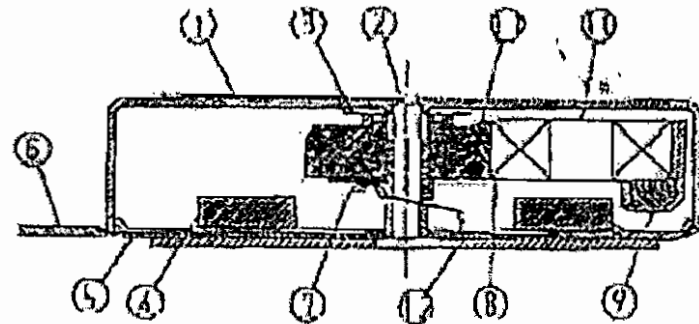
### **3VDC 4,500 RPM Vibrating Motor**

- Typical applications: beepers, small toys, cellular phones
- Rated RPM: 4500 or more @ 3VDC
- Direction of rotation: dual
- Operating voltage: 3VDC @ 45mA
- Operating voltage range: 2.5VDC - 3.8VDC (max.)
- Starting current @ operating voltage: 60mA or less
- Size: 0.55"Dia. x 0.13"Thick

# DIMENSIONS



# INSIDE STRUCTURE DRAWING



PART NUMBER	MATERIAL
1 COIL SPRING	BRONZE
2 SHAFT	BRASS
3 SLIDE PLATE	PLASTIC
4 BUSHING	BRASS
5 BRACKET	STEEL
6 RUBBER GASKET	POLYVINYL ID. THD. OS
7 BUSH	BRASS
8 CONNECTION	GLASS PLASTIC
9 STRIP	STEEL
10 COIL	COPPER
11 INSULATOR	PTFE
12 ADHESIVE TAPE	3M

# STAMPING

1900  
 PRODUCTION TRAX 8-1993  
 PRODUCTION VEE 9-1999  
 D-2000

REV.	BY	CHK.	APP.	DATE	DESCRIPTION
1				8-1993	INITIAL RELEASE
2				9-1999	REVISION
3				8-2000	REVISION

VORVO PARTS

CODE No. FM31E30T70 F 2 / 6

## 4. Characteristic

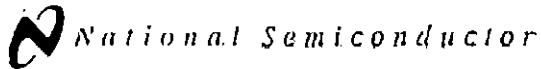
## 4-1 Standard operating condition

No.	Items	Specifications
1	Standard Voltage	3.0 V
2	Direction of rotation	CW / CCW
3	Operating Voltage range	2.5 ~ 3.8 V
4	Moving Temperature range	-20 °C ~ +60 °C
5	Storage Temperature range	-30 °C ~ +70 °C

## 4-2 Electrical Initial Characteristics

No.	Items	Conditions	Specifications
1	Standard Rotation Speed	A standard voltage	4500 min <sup>-1</sup> or more
2	Standard Current	A standard voltage	45 mA or less
3	Starting Current	A standard voltage	50mA or less
4	Min. Starting Voltage	/	2.0 V or more
5	Resistance Between Terminals		25 °C

## B.3 DETECTOR DE TONO LM 567



May 1990

### LM567/LM567C

#### Tone Decoder

#### General Description

The LM567 and LM567C are general purpose tone decoders designed to provide a saturated transistor switch to ground when an input signal is present within the passband. The circuit consists of an FM and FM detector driven by a voltage controlled oscillator which determines the center frequency of the decoder. External components are used to independently set center frequency, bandwidth and output delay.

#### Features

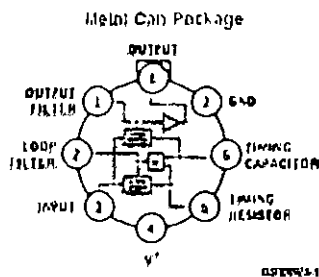
- 20 to 1 frequency range with an external resistor
- Logic compatible output with 100 mA current sinking capability
- Bandwidth adjustable from 0 to 1.1%

- High rejection of out of band signals and noise
- Immunity to false signals
- Highly stable center frequency
- Center frequency adjustable from 0.01 Hz to 500 kHz

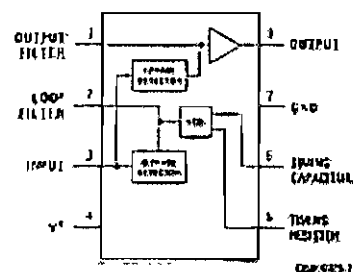
#### Applications

- Touch tone decoding
- Precision oscillator
- Frequency monitoring and control
- Wide band FSK demodulation
- Ultrasonic controls
- Carrier current remote controls
- Communications paging decoders

#### Connection Diagrams



#### Dual-In-Line and Small Outline Packages



### Absolute Maximum Ratings (Notes 1)

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications.

Supply Voltage (Pin)	0V
Power Dissipation (Note 2)	1100 mW
V <sub>A</sub>	15V
V <sub>S</sub>	-10V
V <sub>S</sub>	V <sub>I</sub> + 0.5V
Storage Temperature Range	-65°C to +150°C

### Operating Temperature Range

LM567H	-55°C to +125°C
LM567CH, LM567CL, LM567CI	0°C to +70°C

### Soldering Information

Lead-in (Pin) Package	
Soldering (10 sec.)	200°C
Small Outline Package	
Vapor Phase (60 sec.)	215°C
Wave (15 sec.)	220°C

See AN-150 "Surface Mounting Methods and Their Effect on Product Reliability" for other methods of soldering surface mount devices.

### Electrical Characteristics

AC Test Circuit, T<sub>A</sub> = 25°C, V<sub>I</sub> = 5V

Parameters	Conditions	LM567			LM567C/LM567CI			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Power Supply Voltage Range		4.75	5.0	9.0	4.75	5.0	9.0	V
Power Supply Current (Quiescent)	R <sub>L</sub> = 20Ω		0	0		7	10	mA
Power Supply Current (Activated)	R <sub>L</sub> = 20Ω		11	13		12	15	mA
Input Resistance		18	20		15	20		kΩ
Smallest Detectable Input Voltage	I <sub>L</sub> = 100 mA, f = f <sub>0</sub>		20	25		20	25	mV rms
Largest Input Output Input Voltage	I <sub>L</sub> = 100 mA, f = f <sub>0</sub>	10	15		10	15		mV rms
Largest Simultaneous On/Off Signal to Intend Signal Ratio			0			0		dB
Minimum Input Signal to Widenband Noise Ratio	f <sub>0</sub> = 100 kHz		-0			-0		dB
Largest Detection Bandwidth		12	14	16	10	14	18	% of f <sub>0</sub>
Largest Detection Bandwidth Skew			1	2		2	3	% of f <sub>0</sub>
Largest Detection Bandwidth Variation with Temperature			±0.1			±0.1		%/°C
Largest Detection Bandwidth Variation with Supply Voltage	4.75-6.75V		±1	±2		±1	±5	%/V
Typical Center Frequency		100	500		100	500		kHz
Center Frequency Stability (4.75-5.75V)	0 < T <sub>A</sub> < 70 -55 < T <sub>A</sub> < +125		35 ± 60 35 ± 110			35 ± 60 35 ± 1.0		ppm/°C ppm/°C
Center Frequency Shift with Supply Voltage	4.75V-6.75V 4.75V-9V		0.5 2.0	1.0 2.0		0.1 2.0	2.0 2.0	%/V %/V
Fastest On-Off Cycling Rate			1/20			1/20		
Output Leakage Current	V <sub>0</sub> = 15V		0.01	25		0.01	25	μA
Output Saturation Voltage	I <sub>L</sub> = 25 mA, I <sub>0</sub> = 20 mA I <sub>L</sub> = 25 mA, I <sub>0</sub> = 100 mA		0.2 0.0	0.1 1.0		0.2 0.0	0.1 1.0	V
Output Fall Time			20			30		ns
Output Rise Time			150			150		ns

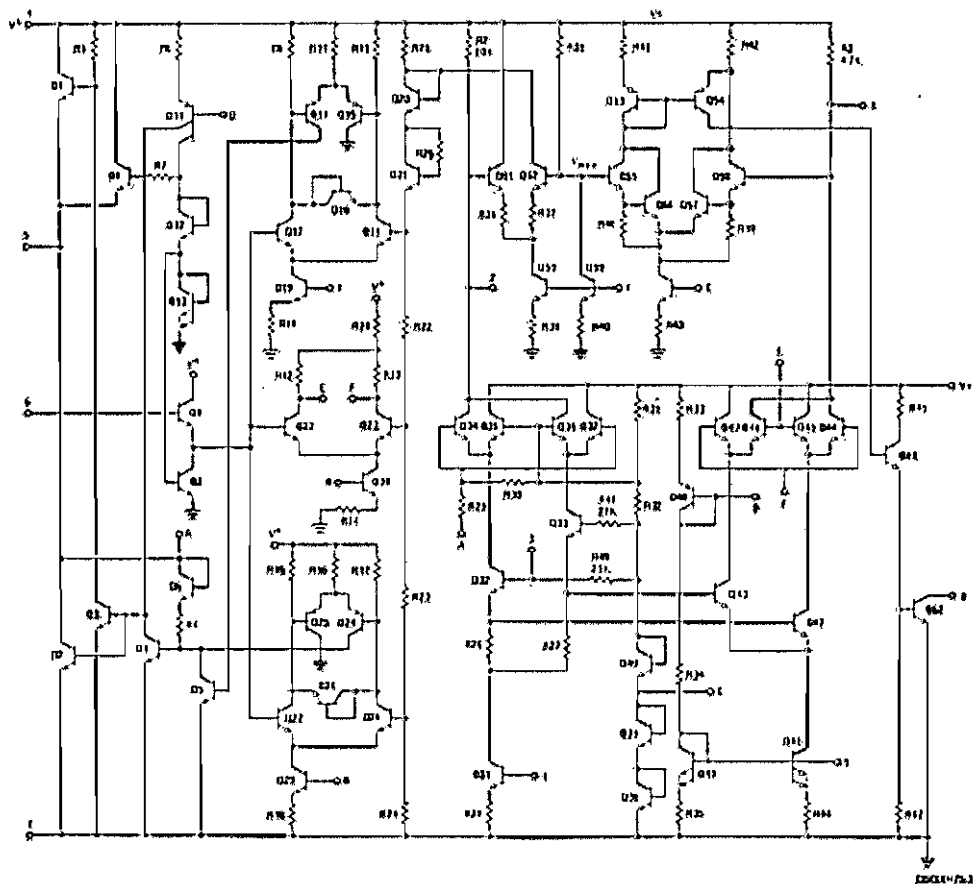
Note 1: Absolute Maximum Ratings indicate limits beyond which damage to the device may occur. Operating Ratings indicate conditions for which the device is functional, but do not guarantee specific performance limits. Electrical Characteristics are DC and AC electrical specifications under particular test conditions with guaranteed specific performance limits. This assumes that the circuit is within the Operating Ratings. Specifications are not guaranteed for parameters where no limits are given; however, the typical values are a good indication of device performance.

Note 2: The maximum junction temperature of the LM567 and LM567C is 150°C. For operating at elevated temperatures, devices in the TO-5 package must be derated based on a thermal resistance of 150°C/W (junction to ambient) or 45°C/W (junction to case). For the DIP the device must be derated based on a thermal resistance of 110°C/W (junction to ambient). For the Small Outline package, the device must be derated based on a thermal resistance of 100°C/W (junction to ambient).

Note 3: Refer to RET582X drawing for specifications of military LM567H version.

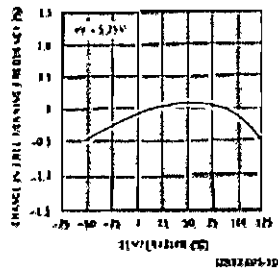


Schematic Diagram

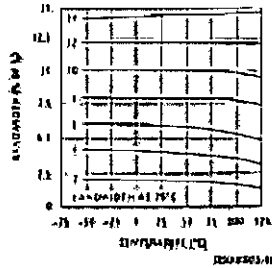


Typical Performance Characteristics

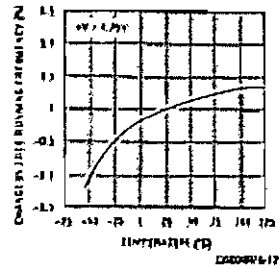
Typical Frequency Drift



Typical Bandwidth Variation

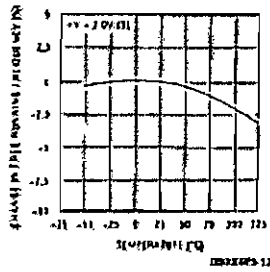


Typical Frequency Drift

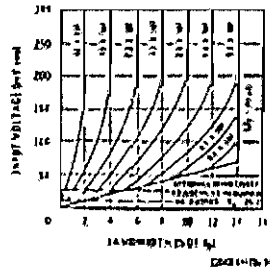


Typical Performance Characteristics (continued)

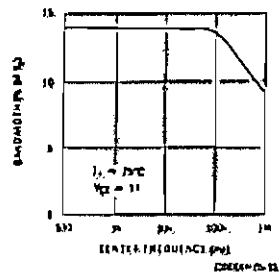
Typical Frequency Drift



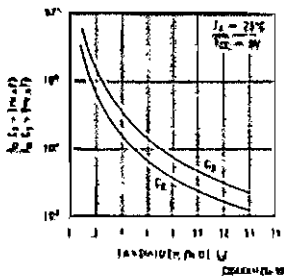
Bandwidth vs Input Signal Amplitude



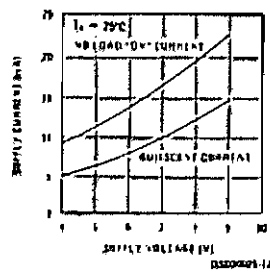
Largest Detection Bandwidth



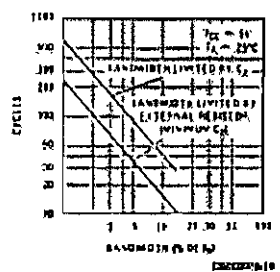
Detection Bandwidth as a Function of  $C_1$  and  $C_2$



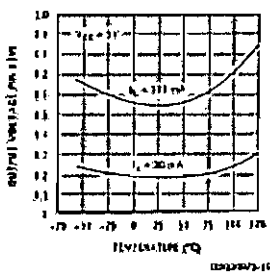
Typical Supply Current vs Supply Voltage



Greatest Number of Cycles Before Output

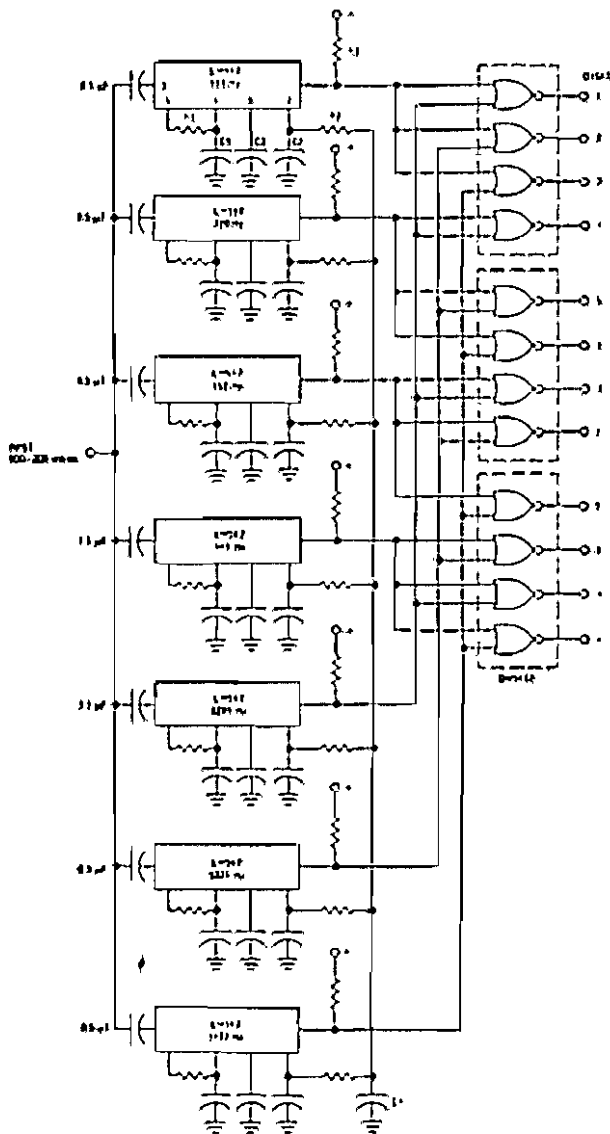


Typical Output Voltage vs Temperature



Typical Applications

Touch-Tone Decoder

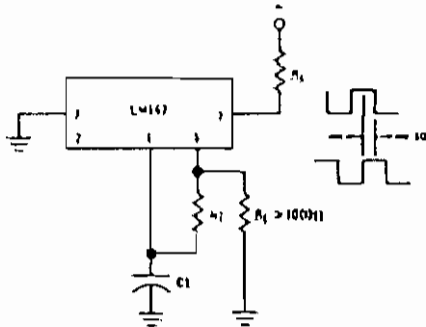


- Component values (typ)
- R1 6.8 to 15k
  - R2 4.7k
  - R3 20k
  - C1 0.10ms
  - C2 1.0nF @ 5V
  - C3 22nF @ 5V
  - C4 250nF @ 5V

DRANGE 6

Typical Applications (Continued)

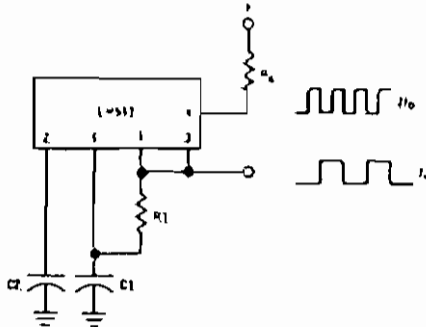
Oscillator with Quasi-square Output



Connect Pin 2 to 2.5V to Invert Output

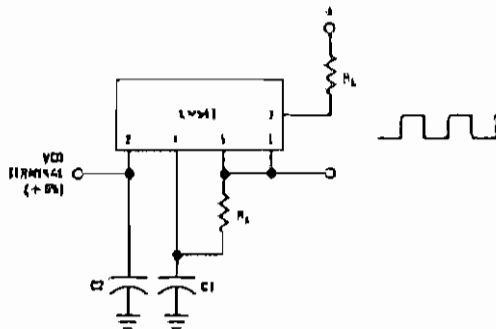
LM147-0

Oscillator with Double Frequency Output



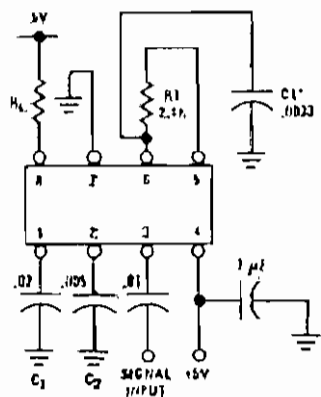
LM147-0

Precision Oscillator Drive 100 mA Loads



LM147-0

AC Test Circuit



$f_0 = 100 \text{ kHz} \pm 5\%$   
 \*Note: Adjust for  $f_0 = 100 \text{ kHz}$

LM147-0

Applications Information

The center frequency of the tone decoder is equal to the free running frequency of the VCO. This is given by

$$f_0 \approx \frac{1}{1.1 R_1 C_1}$$

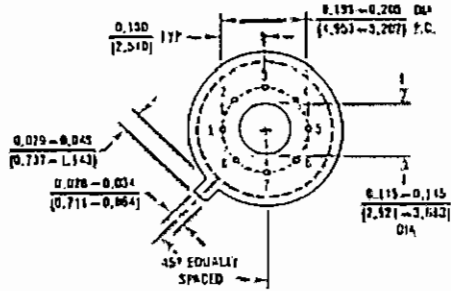
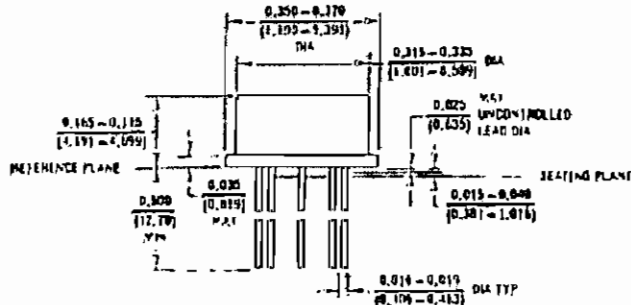
The bandwidth of the filter may be found from the approximation

$$BW = 1070 \sqrt{\frac{V_1}{I_0 C_2}} \text{ in \% of } f_0$$

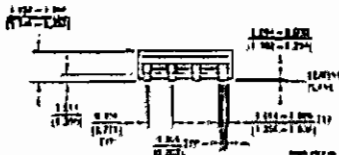
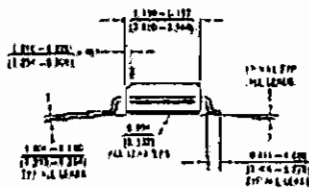
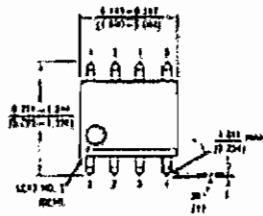
Where:

$V_1$  = Input voltage (volts rms),  $V_1 \leq 200 \text{ mV}$   
 $C_2$  = Capacitance at Pin 2 ( $\mu\text{F}$ )

Physical Dimensions inches (millimeters) unless otherwise noted



Metal Can Package (H)  
Order Number LM567H or LM567CH  
HS Package Number H08C



Small Outline Package (M)  
Order Number LM567CM  
HS Package Number M08A