

81  
2ej-



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

LOCALIZADOR DE ACUPUNTOS PARA  
AURICULOPUNTURA EN ESPECIES  
ANIMALES

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA  
P R E S E N T A N :  
MARIA DEL ROCIO LARA LOPEZ  
PATRICIA PASTEN ROMO



DIRECTOR DE TESIS: M. I. JUAN CARLOS ROA BEIZA

MEXICO, D. F.

1992

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## INDICE

	Página
<b>1. Introducción</b>	
1.1 Planteamiento del Problema	1
1.2 Justificación	7
1.3 Aplicación y alcances	17
<b>2. Auriculopuntura</b>	
2.1 Reseña Histórica de la Acupuntura	23
2.2 Historia de la Acupuntura Veterinaria	29
2.3 Auriculopuntura	35
2.4 Localización y Nombre de los Acupuntos de la Región Auricular en Humano, Vaca, Cerdo, Caballo y Perro. Mapas	41
<b>3. Fundamentos técnicos para la localización de acupuntos</b>	
3.1 Bases Científicas de la Acupuntura	57
3.2 Existencia de los Acupuntos	71
3.3 Principios Tradicionales para la Selección de Acupuntos	75
3.4 Métodos para la selección de acupuntos	81
3.5 Caracterización eléctrica de la región auricular en las especies citadas	87
3.5.1 Factores Bioquímicos	97
3.5.2 Conductividad	101

	Página
<b>4. Desarrollo del localizador de acupuntos</b>	
4.1 Normas de Seguridad para Equipo Biomédico	105
4.1.1 Estándares de diseño	109
4.1.2 Blindaje	127
4.2 Características y selección de los electrodos	141
4.3 Características y selección de los amplificadores utilizados en aplicaciones biomédicas	153
4.4 Filtrado	165
4.5 Diseño de las interfases analógicas	173
<b>5. Electrónica seleccionada</b>	
5.1 Descripción del microcontrolador MC68705R3	185
5.1.1 Principio de Operación	193
5.1.2 Características	209
5.2 Características, selección y manejo del teclado	215
5.3 Características y manejo del despliegue	227
5.4 Sistemas de autoprueba y prevención	237
5.5 Diseño del sistema de Control y Adquisición de Datos	241
5.6 Diseño del software para el control, autoprueba y adquisición de datos	249
5.7 Pruebas y Resultados	291

	Página
<b>Conclusiones</b>	<b>299</b>
<b>Glosario</b>	<b>303</b>
<b>Bibliografía</b>	<b>321</b>
<b>Apéndice A</b>	
<b>Apéndice B</b>	

## 1. INTRODUCCION

### 1.1 Planteamiento del Problema

En el campo de la medicina, las aportaciones chinas a la ciencia occidental han sido de fundamental importancia. La **acupuntura**, que es un acto **terapéutico** que recurre a la introducción de agujas en ciertos puntos del cuerpo, se ha abierto paso a través del escepticismo occidental y en la actualidad un gran número de veterinarios la utiliza en la práctica profesional. Sus efectos son indiscutibles; aún más, sus logros terapéuticos hacen difícil la valoración imparcial de su utilidad. Además, los trabajos científicos publicados acerca del valor clínico de la acupuntura, así como la creciente literatura que intenta explicar los mecanismos fisiológicos de esta disciplina, le han devuelto su valor científico. En la actualidad se sabe que la acupuntura tiene efectos marcados en el sistema nervioso central; por ejemplo, se ha demostrado un incremento neto en la concentración de **endorfinas** en el cerebro, se ha demostrado que hay una asociación directa entre los **dermatomas** y los puntos de acupuntura, así como el hecho de que la estimulación de ciertas fibras nerviosas bloquea impulsos dolorosos a nivel de la médula espinal en la **célula Internuncial**. Estos y otros adelantos han hecho necesaria la incorporación de la acupuntura a la terapéutica moderna.

Si bien la acupuntura ha sido acogida con escepticismo en la mayoría de los casos, también se ha contemplado con demasiado entusiasmo. Más aún en ciertas ocasiones se ha manejado de una manera un tanto mística; por estas diferencias conceptuales han

proliferado en Occidente los acupunturistas pragmáticos y místicos. Esta situación ha provocado que la comunidad carezca de información clara y concisa que le permita establecer un criterio definido respecto de los beneficios terapéuticos de este "nuevo" y "viejo" enfoque de la medicina.

La acupuntura es eminentemente práctica y, como lo muestra la China moderna, la idea de hoy es mezclar los métodos que ofrece Occidente con los tradicionales de ese pueblo, tanto en el diagnóstico como en la terapia.

En la medicina tradicional china, el tratamiento se basa en la teoría dinámica del flujo de energía, la cual postula que la **energía vital** fluye en forma continua por el cuerpo en un lapso determinado y por sendas definidas. La energía vital en el cuerpo tiene tres niveles principales de manifestación: profundo, superficial y conexo. Lo que afecte a la energía vital en algún nivel, puede afectarlo en otro. Los antiguos chinos descubrieron que es posible efectuar un cambio en el cuerpo al influir en la energía vital superficial y, de hecho, éste es el objetivo de toda terapia acupuntural.

En forma colectiva todas estas sendas por las que viaja la energía, se denominan **meridianos** y forman la red de enlace que atraviesa el cuerpo llevando la energía vital a cada una de sus partes.

Aunado a la existencia de sendas de energía, existen "puntos vitales" o Shué, en Occidente denominados **acupuntos**, y corresponden a sitios específicos del cuerpo por fuera o por dentro, aunque los que se emplean habitualmente, son los puntos sobre la superficie corporal, descubiertos por los antiguos chinos, que al punccionarse, calentarse o presionarse, curan o alivian los síntomas de la enfermedad. En términos más filosóficos,

son puntos que regulan la energía corporal. También se les consideraba como pozos que permitan el acceso a la corriente de energía, es decir, el acceso a los meridianos.

El propósito de la acupuntura, es restaurar el equilibrio de la energía vital mediante la punción de puntos correctamente combinados.

A fin de obtener resultados efectivos en la terapia con acupuntura, es necesario tener una idea clara de los senderos de los canales y de la distribución de los acupuntos en el cuerpo. Un punto de acupuntura ocupa una porción muy pequeña de piel, aproximadamente de un milímetro de diámetro. Los chinos postulan que la exacta localización es muy importante para lograr los mejores resultados.

El problema de la localización de los acupuntos, fue también la preocupación de los autores clásicos, quienes consideraron que la localización debía realizarse con una extrema precisión, esto es, con un margen de error de apenas un milímetro cuadrado. Tal era su entrenamiento en ese aspecto, que diseñaron una estatua de bronce con pequeños agujeros que representaban los puntos de acupuntura. La estatua era hueca y después de cubrirla con cera la llenaban de agua. Así el estudiante tenía que hacer una punción en la estatuilla sobre el punto preciso. El alumno aprobaba cuando el agua salía al primer intento.

Pese a que era un método muy pedagógico, tenía el inconveniente de que la gran variación fenotípica de las distintas personas hacía que los puntos variaran considerablemente de un individuo a otro. Tal situación llevó a los grandes pensadores a buscar otra forma de localizar los acupuntos; así se desarrolló un método basado en medidas proporcionales y coordenadas.



Lo primero que tomaron en cuenta fue que los acupuntos son perceptibles a la palpación cuidadosa como pequeñas depresiones. El desarrollo de esta capacidad de palpación requiere mucho tiempo y paciencia. El segundo paso fue buscar una medida proporcional, ya que para localizar los puntos por un sistema de coordenadas se necesitaba una medida que variara de un individuo a otro y con la localización anatómica en cuestión. Esta medida se llamó "cun", "tsun" o "pouce" y desde la antigüedad se definió como la distancia entre los dos pliegues de la falange, cuando el dedo índice o medio se doblan y se toca la superficie exterior del dedo pulgar. La unidad se determina en la mano izquierda si se trata de un hombre y en la derecha si se trata de una mujer. A la décima parte de un pouce se le llamó "fen" (figura 1.1.1).

Así las diversas partes del cuerpo se pueden medir a lo largo o transversalmente y esa medida se puede subdividir en pouces. El método puede emplearse con exactitud relativa a niños y adultos, pacientes de varias constituciones, sean obesos o delgados, altos o bajos, ya que la longitud de un cun es variable.

La acupuntura clásica cuenta con varios métodos para la localización de los acupuntos (como se explica en el capítulo 3), e incluso considera que cada punto tiene un método especial y en algunos casos puede usar dos o más sistemas de localización con igual éxito.

Por otra parte, de acuerdo con otros conceptos clásicos de la acupuntura china, todos los meridianos se encuentran en las orejas. Esto ofrece la oportunidad de conseguir un área de trabajo más restringida, por lo que refiere a la localización de puntos, pero a su vez presenta el problema de tener espaciamentos más pequeños entre puntos (acupuntos).

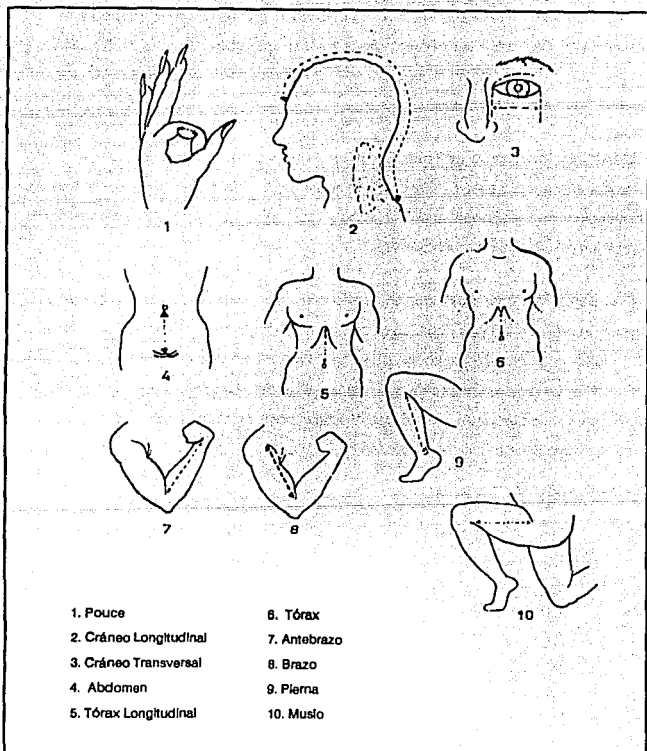


Fig. 1.1.1 Sistema de unidades utilizadas en acupuntura

Dentro de esta corriente de la acupuntura, propiamente llamada **Auriculoterapia**, no es posible aplicar todos los métodos tradicionales empleados para la localización de puntos, y en gran medida se recurre al apoyo brindado por el paciente para determinar aquellos de mayor sensibilidad.

El planteamiento de la estimulación de los puntos de la oreja, es tan simple como identificar el órgano o sistema afectado y escoger el punto auricular correspondiente. La estimulación de los acupuntos en el cuerpo y el punto auricular correspondiente brinda excelentes resultados en muchos casos.

Si se parte de la premisa de que entre más precisa sea la situación de un acupunto se obtiene un mayor resultado y considerando que hasta hoy se han registrado en promedio 200 puntos en el pabellón auricular, se pone de manifiesto que el "arte" de ubicar cada uno de ellos se torna en una tarea que requiere especial atención, si quiere promoverse la utilización de las técnicas terapéuticas ofrecidas por la medicina tradicional china como una alternativa de la medicina practicada en occidente.

## 1.2 Justificación

La acupuntura se basa en la aplicación de múltiples leyes y reglas del flujo de la energía vital en los individuos para encontrar la combinación ideal de acupuntos, con el objeto de alcanzar el estado de **homeostasia** u **homocinesia** (ausencia de enfermedad), considerando el concepto chino de salud-enfermedad, la teoría de los cinco elementos, las influencias perversas, el binomio Ying-Yang, etc. Para llegar al entendimiento integral de todas las leyes de la acupuntura, o por lo menos las fundamentales, el estudiante requiere años de estudio. Esto representa una evidente desventaja para incluir esta disciplina en la terapéutica de un clínico. Por ello, en Occidente se tiende a relacionar las enfermedades con puntos de acupuntura probados que resuelven la enfermedad en cuestión. Es evidente que este enfoque se separa de la filosofía individualista de la acupuntura y de su carácter preventivo más que curativo; empero, dicha modificación permite que muchos médicos en el mundo incorporen el recurso de la acupuntura a su terapéutica. En la medicina veterinaria este concepto de prescripciones establecidas es de más fácil aplicación, puesto que difícilmente se distingue entre los enfermos de un mismo padecimiento.

Es importante señalar que el sistema tradicional de la acupuntura es superior al uso de prescripciones preestablecidas y, al igual que en muchos casos, una actitud intermedia puede solucionar el problema práctico y utilizar la acupuntura sin necesidad de memorizar sus leyes. Esto es, el clínico puede emplear los puntos descritos en una prescripción acupuntural preestablecida y aplicar algunos puntos adicionales, o bien corroborar los prescritos utilizando su conocimiento de los principios fundamentales de la acupuntura;

es decir, consultar la carta maestra de acupuntos, el diagrama de los cinco elementos y la teoría del Ying y del Yang para hallar una buena prescripción invidual.

Se ha especulado que un principiante puede aplicar sus primeros tratamientos en menos de 6 meses de estudios formales si sigue la filosofía de un entrenamiento básico de la filosofía médica china y una práctica constante de localización de puntos, asistido con cartas e instrucción. Si se intenta formar a un médico en la disciplina de la acupuntura de manera clásica, entonces se requieren tres o cuatro años de estudio y que el sujeto realice un ejercicio mental para "olvidar" su concepto occidental de salud-enfermedad. Tanto por las diferencias culturales entre Oriente y Occidente, como por las argumentadas divergencias en el proceso pensante de orientales (con predominio del cerebro izquierdo) y occidentales (cerebro derecho), al alumno formado en la escuela occidental de medicina le será más difícil iniciarse en la acupuntura clásica. No obstante, al final tendrá más y mayores recursos terapéuticos con esta técnica de curación.

Una muestra del modelo de desarrollo de la acupuntura en Occidente, se deriva de la forma en que se estructuran los artículos que aparecen en revistas especializadas. En ellos, tanto por la rigidez de los comités editoriales, como por la necesidad de explicar a la comunidad científica un hallazgo, las prescripciones acupunturales no se presentan de manera individualizada, sino más bien como "fórmulas" para enfermedades específicas humanas y animales. Más aún, en las memorias oficiales de la *International Veterinary Acupuncture Society* (Asociación Internacional de Acupuntura Veterinaria) se incluye, como una contribución de gran ayuda para la comunidad que utiliza este recurso terapéutico, un listado computarizado y jerarquizado de los acupuntos utilizados por diversos participantes en todo el mundo. El Dr. Philip Rogers (miembro del comité directivo de dicha sociedad), diseñó el proyecto original y a la fecha se ha vuelto un instrumento

accesible a toda la comunidad. Las prescripciones que se detallan son el resultado de fórmulas aprobadas y de gran eficacia, las que facilitan la enseñanza de la acupuntura y permiten la obtención de resultados desde la primera semana de iniciarse en ella.

Por otra parte, de acuerdo con lo expuesto en el planteamiento del problema, el objetivo de este proyecto es desarrollar un dispositivo electrónico, que permita establecer de manera sencilla, un mecanismo confiable para localizar con alto grado de precisión cada uno de los puntos de acupuntura alojados en la región auricular del hombre, como primera instancia y hacerlo extensivo a otras especies animales (caballo, vaca, perro y ternero).

El primero de los puntos por definir es porqué se ha seleccionado la región auricular en lugar de otras regiones del cuerpo, que en un momento determinado podría considerarse que ofrecen menos complicaciones "técnicas" para la localización de acupuntos, que la región auricular (cabe recordar que se ha hecho mención de que los puntos a nivel cuerpo tienen espaciamientos mayores entre ellos, que en la región auricular).

El *Huan Nei Jing Su Wen* (Canon de la Medicina Interna del Emperador Chino) describe en 2697 a.C., como ciertos sistemas de meridianos convergen sobre el oído. Este antiguo documento chino fue muy específico sobre la punción de puntos particulares en la oreja para establecer el balance de ciertos desordenes funcionales relacionados con un sistema particular de meridianos. Sin embargo, no fue sino hasta después de la Revolución Cultural China, en la época de los 50's, que aparece como tal un mapa somatotópico de la región auricular, mismo que es utilizado actualmente en China. Los practicantes de la auriculoterapia en Europa atribuyen el desarrollo de estas cartas chinas a un descubrimiento originado en Francia por el Dr. Paul F. Nogier.

En su *Tratado de Auriculoterapia*, Nogier establece que ha descubierto, de manera incidental, relaciones somatotópicas entre el oído y el cuerpo. Después de observar a varios pacientes que habían sido tratados satisfactoriamente de dolor de ciática por medio de la cauterización de un punto del oído externo, condujo su investigación clínica a la práctica, siguiendo exitosamente varios casos de dolor de ciática y consultando con sus colegas, que atribuían la ciática a un problema de la **región sacrolumbar**. Nogier postuló entonces su teoría, la cual establece que si el punto del oído asociado a la ciática representa también a la región sacrolumbar, entonces el resto del **antehélix** representaba al resto de la columna vertebral, solo que en posición invertida. Nogier visualizó a la región auricular como un **homúnculo** del cuerpo, muy similar a un feto invertido, cuya cabeza coincide con el **lóbulo** y los pies con el **canal del hélix**.

Estudios posteriores permitieron detectar que las diversas alteraciones funcionales y patológicas de órganos y sistemas estaban asociados a puntos del pabellón auricular, lo que dio paso al desarrollo de la auriculoterapia.

La auriculoterapia reúne una serie de ventajas a saber:

### 1. Tratamiento en grupo

Puede tratarse conjuntamente a un mayor número de enfermos, siendo muy escasas las reacciones negativas. Por ejemplo: **endometritis**, inflamación del aparato genital, pérdida del sentido del equilibrio, diversos tipos de **eczemas**, **pruritos** e inflamaciones de la piel, **sinusitis**, **disfunciones gastrointestinales**, impotencia, pérdida del pulso, mal funcionamiento **endocrino**, consecuencias de **traumatismos craneanos**, deficiencias del crecimiento (enanismo), **parotiditis**, **otitis**, etcétera.

## 2. Tratamiento rápido y eficaz

a) Es un potente **analgésico**: para golpes externos, en fases postoperatorias, inflamaciones, torceduras, luxaciones, dislocaciones, fracturas, etc., úlceras, **espasmos gastrointestinales**, dolores postparto, cálculos de **uretra**, etcétera.

En todos estos casos el dolor puede desaparecer en pocos minutos.

b) Localizado el órgano afectado, se logra reducir la inflamación del mismo en un término no mayor de 24 horas, permitiendo realizar una operación de urgencia si fuese necesario.

En caso de **amigdalitis**, **conjuntivitis**, **apendicitis**, **bronconeumonías**, **gastroenteritis**, parotiditis, etc., la inmediata reacción demuestra la eficiencia del método.

c) Calma inmediatamente hasta hacerlas desaparecer, comezones, alergias, erupciones u otras afecciones de la piel.

d) En tratamientos de emergencia, por ejemplo en casos de desmayos e insolaciones, en pocas horas o a veces en minutos se logra normalizar la presión sanguínea del enfermo.

e) Sumamente eficaz en estados febriles, se logra bajar la temperatura, introduciendo agujas o extrayendo sangre del punto correspondiente, normalizándose el organismo en un lapso no mayor de 30 minutos.

## 3. Fácil manejo

No requiere elementos complicados para su aplicación, es manuable y puede realizarse en cualquier momento o lugar. Aún careciendo de agujas, éstas pueden reemplazarse



por simples agujas de costura, alfileres u otro tipo similar lográndose también la estimulación con la presión de los dedos sobre la zona, aliviándose **cefaleas**, dolores estomacales o de torceduras, **Intercostales**, etcétera.

#### 4. Fácil Aprendizaje

Los puntos de la oreja corresponden exactamente a la ubicación de los órganos tal como se encuentran en un niño que aún permanece en el útero materno, próximo a nacer. Los puntos llevan el nombre del órgano que dominan, por lo tanto son fáciles de memorizar.

#### 5. Económico y práctico

Sólo unas pocas agujas, algodón y alcohol es lo que se requiere y con la ayuda de un pequeño detector electrónico en pocos minutos se logra un certero diagnóstico. Además, durante el tiempo de tratamiento, el paciente aún con agujas permanentes no debe abandonar ninguna de sus ocupaciones habituales prosiguiendo su ritmo normal de vida.

#### 6. Ausencia de trastornos

No causa ningún tipo de trastornos colaterales, limitándose su acción al órgano afectado. Su única desventaja, es que, al introducirse la aguja en el punto preciso de la oreja, la reacción es más dolorosa que en cualquier otro punto del cuerpo.

Quando se llega a tocar profundamente un punto neurovegetativo, reacciona causando gran pesadez en las sienes, y al tocarse los puntos **suprarrenales**, corazón, **secreción glandular**, riñón, etc., se producen mareos, pesadez, sensación de vómitos y opresión en el pecho, enfriamiento de los miembros inferiores y adormecimiento general del cuerpo.

Para interrumpir estos síntomas basta con retirar un poco la aguja hacia afuera: cesan por completo. Antes de cualquier aplicación, debe limpiarse muy bien con alcohol el pabellón de la oreja y las agujas deben esterilizarse para evitar toda complicación.

## 7. Diagnóstico

Al estar afectados en forma aguda órganos contenidos en el tronco, a veces se hace difícil un diagnóstico preciso si no se recurre a una prolija revisión, análisis, radiografías, etcétera; en cambio, mediante la auriculoterapia y un detector electrónico de puntos puede diagnosticarse con alto grado de certeza y en pocos minutos el mal y el órgano afectado. Ejemplo: apendicitis, cálculos biliares y de uretra, inflamación de ovarios, embarazo **extrauterino**, etcétera.

## 8. Anestesia

Aplicando la auriculoterapia ayudada por el detector electrónico de puntos, como anestesia en las operaciones, se logra que el paciente pueda mantener su estado de conciencia así como las condiciones normales de presión, respiración y reflejos vitales, lográndose, además de una buena relación médico-paciente, evitar los trastornos que suelen producirse con las anestias tradicionales. Puede usarse aún en operaciones de urgencia y es muy efectiva en extirpación de amígdalas, extracciones dentarias, retracción de huesos e intervenciones quirúrgicas de tórax, abdomen, nariz, ojos, etc.

Sin embargo, hay ciertas dolencias en las cuales no se logra una curación completa sino un alivio de los síntomas, como en la **epilepsia**, **artrosis crónica** o **edema de pulmón**, existiendo pacientes que no soportan un tratamiento por sentir agudísimos dolores al

colocarles las agujas y, si esto se prolonga, comienzan a atemorizarse haciéndose muy difícil proseguir con las aplicaciones.

La auriculoterapia y la acupuntura de cuerpo acompañadas de ciertos medicamentos pueden acelerar el proceso de curación, haciéndolo más efectivo.

El segundo punto se refiere a la posibilidad de trabajar con distintas especies animales. Es evidente, de acuerdo con lo expuesto hasta este momento, que la auriculoterapia humana ha alcanzado un alto grado de desarrollo, lo que en buena medida se debe al apoyo que ha brindado el contar con cartas o mapas de localización de puntos de acupuntura en la región auricular y con un dispositivo electrónico que facilita la tarea de localización de los puntos. Estos aparatos, conocidos como acupuntoscopios, fueron desarrollados a partir de los años 60's y hasta hoy se han utilizado únicamente en humanos. Por otra parte es importante hacer notar que el mercado que los ofrece se encuentra concentrado en Estados Unidos, Alemania, Francia y Japón. Desafortunadamente en México, donde se tiene una creciente aceptación de las alternativas planteadas por la acupuntura y se realiza investigación médica reconocida a nivel mundial, la adquisición de acupuntoscopios es difícil. Con este antecedente, resulta atractivo desarrollar un equipo de tecnología propia, que satisfaga las necesidades surgidas a partir de la práctica de la acupuntura en nuestro país. Este tiene que ser lo suficientemente flexible para hacer posible su aplicación tanto en el campo de la auriculopuntura humana como en la auriculopuntura veterinaria, puesto que en este momento, dentro de la UNAM se están desarrollando serios trabajos de investigación sobre los efectos de la acupuntura en animales y además se pretende explotar la potencialidad de la auriculoterapia para el tratamiento de enfermedades "difíciles" en animales.

El impacto que puede causar un dispositivo con estas características dentro de los círculos de investigación justifica por sí mismo, el desarrollo del acupuntoscopio, ya que podrán trabajarse casi de manera simultánea el campo humano y veterinario; y si bien la acupuntura humana se ha abierto como una alternativa de la medicina occidental, debido al auge e investigación que se ha desarrollado en torno a ella y la acupuntura veterinaria tiene cierto "retraso" con respecto a los logros alcanzados por la medicina veterinaria, el acupuntoscopio se ofrece entonces como un equipo que contribuirá al acercamiento de ambas campos y tendencias.



### 1.3 Aplicación y alcances

Las experiencias realizadas en el ámbito de la auriculoterapia, tanto en hombres como en animales, evidencian que en los acupuntos de la región auricular se ven reflejados procesos patológicos situados en una zona determinada del cuerpo. El Dr. Paul F. Nogier llevó este conocimiento al detalle para correlacionar íntimamente al punto de acupuntura con un cierto órgano, sistema o efecto. Así pues, existen puntos que corresponden a enfermedades específicas, por ejemplo, se tiene el punto de la constipación, el punto de la hipertensión, el punto de saciedad, e incluso en el antiguo Egipto, las mujeres que no deseaban engendrar más hijos se puncionaban un cierto punto de la estructura externa del oído (observación hecha por el egiptólogo Alexandre Varille).

Hay puntos que están relacionados con órganos, como todos los de la cavidad abdominal, la cavidad pélvica y la cavidad torácica. Por ejemplo, si el paciente presenta problemas hepáticos, realizar un diagnóstico clínico sería difícil, pero puede estar guiado en buena medida si el punto correspondiente de hígado en la oreja está hipersensible. También existen los puntos que se relacionan con funciones generales como la función endocrina o la función nerviosa.

En contraste, la medicina veterinaria ha avanzado muy poco en la auriculoterapia dado que no se ha podido detallar la correspondencia entre los diferentes puntos de acupuntura y los órganos internos y sistemas. Hasta hoy el conocimiento de la acupuntura en general y de la auriculopuntura, en particular, ha tenido su origen en las experiencias realizadas con el hombre, de allí que se tenga una gran cantidad de información y todos los mapas

y cartas descriptivas de los acupuntos en el cuerpo humano y región auricular; sin embargo, no se ha logrado aún hacer una traslación completa del conocimiento de la auriculopuntura del hombre hacia los animales, debido principalmente a las diferencias morfológicas existentes entre ellos y a la falta de medios que permitan conjuntar ambos campos e inclusive trabajarlos, dentro de lo posible, indistintamente.

Como consecuencia, el reto que se plantea es llegar a desarrollar, con alto grado de precisión, mapas de acupuntos de la región auricular de distintas especies animales, que permitan aplicar, tal y como se hace en humanos, una serie de prescripciones y técnicas terapéuticas que conlleven a la aplicación de la acupuntura veterinaria como un medio alternativo para la medicina veterinaria. Las razones que motivan este hecho, son de carácter económico, ya que la necesidad de mantener saludables animales que son importantes para satisfacer las necesidades alimenticias del hombre, justifica el buscar nuevos métodos terapéuticos para ellos.

En medicina veterinaria, las condiciones para incluir una nueva terapia son, básicamente que dicha terapia sea práctica, económicamente viable y naturalmente que brinde buenos resultados.

Uno de los efectos más impresionantes de la auriculoterapia en animales, está dado por la inducción de anestesia de las extremidades posteriores del ternero con la inserción de una sola aguja.

En comparación con los métodos clásicos de anestesia, la acupuntura resulta más económica y evita todo riesgo de que se presente un shock, hemorragias u otras complicaciones postoperatorias.

Así mismo, la auriculoterapia veterinaria ofrece la ventaja de poder estimular diversas áreas de manera muy económica con la simple inserción de elementos de metal, esto se puede hacer fácil y rápidamente utilizando grapas de sutura o pistolas automáticas. Este procedimiento resulta obviamente más barato que la utilización de fármacos y los resultados pueden llegar a ser trascendentes para curar enfermedades.

Un ejemplo de lo anterior, es la mastitis, considerada como una de las enfermedades que más merma la productividad del ganado lechero y a la que se intenta controlar haciendo pruebas de diagnóstico temprano (prueba "California"). Esta prueba tiene cuatro etapas según la gravedad de la enfermedad. A los animales que se hallan en la etapa uno, es decir que presentan los primeros síntomas de la enfermedad pero que todavía se cuentan dentro de los animales productivos, no se les debería tratar con antibióticos porque, en primer lugar, se ocasiona que cesen de producir leche (se retira la leche de la ordeña) y en segundo lugar porque se ha demostrado que muy a menudo aún con la aplicación de fármacos no se evita que la vaca empeore su condición y pase de la etapa uno a la etapa dos, de la dos a la tres y finalmente a la mastitis clínica o etapa cuatro.

Con base en las observaciones realizadas, se ha relacionado íntimamente la presentación de la mastitis con una deficiencia de la respuesta inmunológica y de las defensas del animal en general. Por su parte, a la auriculopuntura veterinaria se le ha adscrito la capacidad de aumentar las defensas en el sitio de la inserción de la aguja y, como ya se mencionó, en órganos a distancia. Luego entonces resulta lógico que si se aplican agujas en los acupuntos adecuados sobre el pabellón de la oreja, se puede evitar que las mastitis de tipo uno llegue al tipo cuatro, al generarse un incremento en las defensas del animal, mediante la auriculopuntura.



Partiendo de este hecho, se hace patente el fuerte impacto económico que tendría la oportuna aplicación de la auriculoterapia en animales.

De acuerdo con las razones antes expuestas, el localizador de puntos de acupuntura se ofrece como herramienta tanto al clínico como al investigador, para la fácil detección de acupuntos en la región auricular de hombres y animales.

Otra de las aplicaciones del localizador de acupuntos se encuentra entonces dentro de la investigación en veterinaria, pues una vez localizados acupuntos hasta antes desconocidos, se les podrá relacionar con sus correspondientes entidades patológicas y generarse así un mapa de correspondencias, tal y como se ha hecho en humanos; inclusive esta nueva perspectiva puede modificar el flujo tradicional de información en este campo y puede pensarse en traspolar experiencias que se estudien en animales al hombre.

Una vez establecido un patrón de correspondencia entre oreja y órganos en animales, el acupuntoscopio se traslada a la práctica clínica, cuya área de aplicación se tiene en el diagnóstico y la terapia. En esta área se deben considerar las condiciones de trabajo del médico veterinario, quien normalmente se halla laborando en el campo, donde no hay facilidad de conseguir suministro de energía eléctrica ni medios de sujeción ortodoxos como soportes o gabinetes deslizables, e incluso se debe derribar a los animales y trabajar con ellos a ras del suelo. Tomando esto en consideración, se plantea un equipo portátil, con electrodos y chasis resistentes, de fácil manejo y alimentado con baterías.

Los alcances del acupuntoscopio serán tan amplios como la creatividad e ingenio del investigador que lo use. El equipo permite variar sus características de sensibilidad y su

amplio espectro de aplicación vence las limitaciones de trabajar con una sola especie y por si esto fuera poco, las de trabajar en una sola región corporal.

El acupuntoscopio está dotado de un intervalo variable de sensibilidad, que va de fino a grueso. El ajuste fino será utilizado cuando la localización de los puntos se realice en la región auricular del humano, donde los acupuntos se encuentran a distancias de pocos milímetros uno de otro, y se irá calibrando según la especie de la que se trate, dado que la piel de cada animal posee características propias, por ejemplo la del cerdo que tiene una gran cantidad de tejido graso o la del caballo, que tiene una gran cantidad de colágena.

La opción de variar la sensibilidad proporciona al acupuntoscopio la flexibilidad para ser utilizado también en otras regiones del cuerpo donde los acupuntos se hallan más separados y las características de la piel varían.

Como conclusión, podemos establecer que el campo de aplicación se encuentra perfectamente definido y que los alcances que cubre el acupuntoscopio se encuentran abiertos en función del tipo de terapia o investigación que quiera llevarse a cabo.



## 2. AURICULOPUNTURA

### 2.1 Reseña Histórica de la Acupuntura

Al considerar la acupuntura o cualquier otro procedimiento médico de origen chino, debe tenerse en cuenta que la cultura china es una entidad rica y compleja, con una perspectiva del entorno muy diferente a la occidental. Por esta razón, no es posible lograr una comprensión cabal de la medicina china a menos que se tenga una idea general del contexto histórico y sociológico en que se ubica esta ciencia.

Se dice que la acupuntura nació en China hace aproximadamente 5000 años, durante el período neolítico. La pérdida de muchos antiguos tratados, de los que sobreviven descripciones legendarias, limita el conocimiento acerca de la cultura china; por ello, en ocasiones sólo se elaboran conjeturas. Sin embargo el famoso tratado *Tso-Chuan* o *Zuo-Zhan*, al que se le atribuye una antigüedad no inferior a 540 a.C., menciona la acupuntura, lo cual hace pensar que probablemente constituía una técnica bien identificada y clasificada, que pasó de generación en generación.

El tratamiento por acupuntura y moxibustión puede rastrearse hasta la Edad de Piedra, cuando aparentemente se recurrió a cuchillos de piedra y otros instrumentos filosos rudimentarios para estimular puntos de acupuntura. Estos instrumentos eran conocidos como "*bian*".

Durante la dinastía Han (206 a.C.-220 d.C.), se escribió un libro, el *Shuo Wen Jie Zi* (Diccionario Analítico de Caracteres); en él se explicaba que "*bian*" significa "piedra filosa para tratar enfermedades". Esto puede representar el método más antiguo de acupuntura. Luego las agujas de fragmento de hueso o bambú reemplazaron a la piedras "*bian*". Estas nuevas herramientas ofrecieron mejores resultados.

La leyenda atribuye el descubrimiento de la acupuntura a un soldado herido por una flecha. Cuando se la extrajo, sanó la herida y otra enfermedad sin relación con ésta; por tanto, se dedujo que la cura podía repetirse. La historia puede ser apócrifa; pero es evidente que a lo largo de los años se estableció una relación entre causa y efecto y de allí la relación entre el punto donde se ponía la aguja y la enfermedad curada. Así paulatinamente se fijó una serie de puntos con utilidades concretas. Luego se advirtió que ni el tamaño de la punción ni su profundidad tenían gran importancia; en cambio, sí la tenía la localización (punto acupuntural). Es probable que los canales y meridianos se formaran al conectar los diversos puntos que ofrecían propiedades terapéuticas semejantes. Empero el trayecto de los meridianos es un fenómeno aún en estudio y se desconocen las bases que condujeron al establecimiento de canales y meridianos, tanto en sus ramales internos como externos. Más aún, muchos acupunturistas cuestionan tanto el trayecto de éstos como su existencia.

A los tres legendarios emperadores: Shen Nung, Huang Di y Fu Hsi, se les atribuye la formalización de la técnica de la acupuntura. Huang Di, hace 4 672 años, analizó varios problemas fisiológicos y patológicos con su ministro Chi Po. En esta época se establecieron los conceptos del *Ying* y *Yang*, el octograma, los meridianos con un total de 132 puntos, los 50 diferentes tipos de pulso para diagnóstico y las 37 sombras de la lengua. De hecho Huang Di es conocido como el padre de la acupuntura.

El tratado médico de esa época fue el *Huang Di Nei Jing Su Wen* (Canon de la Medicina Interna del Emperador Amarillo). El emperador Huang Di compiló los conocimientos médicos y las técnicas que sus antepasados habían dejado a través de la historia. De acuerdo con el *Huang Di Nei Jing*, la acupuntura se originó en la región sur de China y la moxibustión emergió de la región norte. El informe puede no ser preciso pero indica que ambas técnicas se desarrollaron en diferentes áreas de ese país. Por otra parte, son muchos los pueblos que se adscriben el origen de la acupuntura, incluyendo Japón y Corea.

A pesar de este temprano inicio, no fue sino hasta el período de la dinastía Shang (1753-1122 a.C.), cuando la acupuntura se desarrolló. Durante este período, las agujas de piedra, hueso y bambú, fueron reemplazadas por otras, primero de porcelana y más tarde de metal, gracias al desarrollo de la técnica de fundición del bronce. El uso de metal para agujas tuvo gran repercusión en el desarrollo del tratamiento por acupuntura. El fenómeno de conducción al puncionar llevó al desarrollo de la teoría del *Jing Luo* (teoría de la intercomunicación de los meridianos). En esta época se menciona la aplicación de distintas clases de agujas para lograr diferentes resultados terapéuticos (conocidas como "las nueve agujas").

Las generaciones posteriores empezaron a escribir tratados en que aparecieron dibujos anatómicos que ilustraban las relaciones de los puntos dentro de las líneas llamadas *Jing* o meridianos. Bien Chueh, médico famoso de la milicia china, compiló el *Nan Jing* (Clásico Difícil), donde contempla las deficiencias del *Huang Di Nei Jung*. En este libro se analiza la utilidad de los puntos para la acupuntura y moxibustión, así como las condiciones fisiológicas y patológicas de los "ocho canales extraordinarios". Durante la dinastía Han destaca el famoso cirujano Hua Tuo, a quien se le atribuye la idea de corre-

gir las discrepancias en la dimensión y localización de los puntos debidas a las diferencias corporales de los pacientes. En este período se abogó por el método de medición de ciertas partes del cuerpo como una "unidad". Por ejemplo, la anchura de la articulación interfalángica del pulgar del enfermo se tomó como unidad y más tarde se llamó "unidad idéntica" o "unidad proporcional" (*cun*).

Durante la dinastía Tsín (265-589 d.C.), la acupuntura y la moxibustión se desarrollaron con rapidez. En este entonces apareció un libro dedicado a esta materia, el *Zhen Jiu Jia Yi Jing* (Clásico de la Acupuntura y Moxibustión), escrito por Huang-fu Mi. En él se establecieron los nombres y números de puntos de cada canal y su localización. Se identifican 349 puntos y se pretende estandarizar los tratamientos. En ese tiempo se elaboran algunos diagramas a colores y gráficas de los canales y puntos, los cuales tuvieron un importante papel en la promoción y desarrollo de la acupuntura y moxibustión. También se publicó el famoso volumen *Zhou Hou Bei Ji Fang* (Prescripciones para Emergencias), escrito por el médico Ko Hung de la dinastía Tsín, en el cual se menciona el "Método del Tarro". De acuerdo con algunas investigaciones, ésta fue la forma primitiva de la terapia con ventosas que luego se utilizaría en forma más amplia.

Durante la dinastía Tang (618-907 d.C.), el conocido médico Sun-Szu-Miao propuso la idea de que los puntos sensibles podrían servir como puntos para acupuntura, agregándolos a los establecidos. Estos se denominaron puntos "*Ah-Shi*", mencionados en la máxima: "Puncione dondequiera que haya dolor", técnica que aún funciona en la acupuntura moderna y que se ha desarrollado enormemente en vacas y caballos. Los logros de la acupuntura y la moxibustión durante la dinastía Tang influyeron en el establecimiento de la Facultad de Acupuntura y Moxibustión en el Colegio Imperial de Medicina (uno de los primeros colegios especializados en medicina).

Por los años 650-682 d.C., Sun-Zsu-Miao escribió el *Qian Jin Fang* (Las Mil Recetas Costosas o Suntuosas) y sus suplementos, en los cuales recalca la importancia de la sensación o reacción extraña en los puntos, y refuerza la idea de las medidas proporcionales para localizarlos.

Cerca de Beijing se encontró una figura de bronce hueca de tamaño natural, mandada a hacer probablemente por el emperador Wei-yi de la dinastía Song. Se le calcula una antigüedad no inferior a 860 d.C. y muestra los cientos de acupuntos conocidos a esa fecha.

Durante las dinastías Song, Kin y Yuan (960-1368 d.C.), la acupuntura y la moxibustión se desarrollaron considerablemente. La contribución más importante fue el libro *Tong Jen Shu Xue Zhen Jiu Tu Jing* (Manual Ilustrado de los Puntos para Acupuntura y Moxibustión según la figura de bronce), escrito por Wang Wei-yi (1026-1027 d.C.). Otra obra contemporánea fue el *Shi Si Ching Fa Hwei* (La Ampliación de los Catorce Canales), escrito por Hua Shou. En este libro se establece la teoría de los órganos Zang y Fu para explicar el flujo de la energía vital.

El médico Yang Chi-Chou de la dinastía Ming (1368-1644 d.C.) escribió el *Zhen Jiu Da Cheng* (Compendio de la Acupuntura y Moxibustión), en el cual aclara el estado confuso de los puntos y canales, unificando los puntos de vista prevaletentes hasta el momento. Yan Chi Chou realizó un excelente informe al tomar en cuenta y unir los conocimientos tradicionales orales y los conocimientos clásicos establecidos con los cánones médicos. Con este tratado se inicia la acupuntura moderna.

Por influencia occidental, los soberanos de la dinastía Qing (1644-1911 d.C.) desdeñaron el tratamiento por acupuntura y moxibustión e incluso dictaron un decreto



prohibiendo su práctica, lo que detuvo su desarrollo; pero debido a la gran aceptación popular de esta terapia, dicho arte curativo no pereció. Mientras tanto, el doctor alemán E. Kampfer introdujo la acupuntura en su país en 1863 que se publicó en Francia el libro *La Medicina de China*, que incluía la acupuntura y la moxibustión.

La medicina tradicional continuó desarrollándose en China a nivel popular hasta el siglo XIX, cuando la nación entró en contacto con la medicina occidental, llevada por los ingleses al terminar la Primera Guerra del Opio entre 1839 y 1842.

En 1929, el dictador Chiang Kai-Shek, líder del partido Kuomintang, prohibió de nuevo el uso de la acupuntura y de cualquier práctica de la medicina tradicional china. Pero a pesar de tal situación, las grandes masas continuaron la práctica y más tarde Chiang se vio obligado a retractarse de tal prohibición ante la presión del pueblo.

En 1949 se estableció la República Popular, de Mao Tse-Tung después de la expulsión de Chiang Kai-Shek. Poco más tarde tiene lugar la Primera Conferencia Nacional sobre Higiene (1950), en donde se proclama un conjunto de principios de sanidad que incluyen el uso de los métodos tradicionales de curación. Mao Tse-Tung propone rescatar la medicina tradicional china y fundirla con la medicina occidental; por otro lado utiliza pensamientos como: "Todos los trabajadores de la medicina, jóvenes y viejos, tradicionales y de la medicina occidental, deberán organizar un frente unido que vea por la salud del pueblo". Con este impulso y la participación de los médicos tradicionales (médicos descalzos), científicos, hospitales y universidades, la acupuntura ha alcanzado niveles de excelencia en la China actual y, con la **herbolaria**, la dieta, los masajes y el ejercicio, es uno de los pilares de la salud en ese país. En 1979, se realizó el Primer Simposio Nacional de Acupuntura y Moxibustión en Beijing, con Participación Internacional.

## 2.2 Historia de la Acupuntura Veterinaria

La existencia y el uso continuo de la acupuntura veterinaria en China por más de 4000 años es un impresionante testimonio de su efectividad. El Primer registro histórico de medicina veterinaria china data del siglo XI a.C. y se puede hallar en el *Li-ji* (Canon de Rituales). En este escrito se describe un ritual en que por medio de agujas estimulaban a los caballos como preparativo para las batallas.

En el histórico informe *Bo-je* (659-621 a.C.) se hace referencia a un texto de acupuntura veterinaria más antiguo y señala la estimulación de los caballos con lanzas y otros objetos. Más tarde, distintos libros de medicina humana y animal consideran temas de acupuntura veterinaria, como el *Manual de Prescripciones para Emergencias, Ko Hung*, o la obra *Principios de Tecnología para la Agricultura*, escrita por Jia Xi-xie, 533-544 d.C.

Durante la dinastía Sui (589-618 d.C.) se publican distintos libros relacionados con la acupuntura veterinaria, entre los que sobresale el *Atlas de los Puntos de Acupuntura para Equinos*. Entre los años 618 a 907 d.C., durante la dinastía Tang, la medicina veterinaria se enseñó formalmente, y a los veterinarios se les consideró como miembros del Gran Oficio Médico Imperial. El texto veterinario más importante, la *Antología de la Crianza y Cuidados Veterinarios del Caballo*, de Li-Shi, se publicó durante este período.

El siguiente y último gran libro de acupuntura veterinaria apareció en 1608. Escrito por dos hermanos veterinarios, Yu-Pen- Yuang y Yu-Pen-Heng, se tituló *Antología del Tratamiento del Caballo*, y analiza temas de acupuntura y medicina herbolaria.

Comparativamente, la medicina veterinaria occidental es una ciencia muy nueva. Naturalmente se ha tratado a los animales desde tiempos antiguos. Autores griegos y romanos dan evidencia de un conjunto de conocimientos sobre veterinaria, los cuales fueron transmitidos al mundo occidental por los árabes. Sin embargo, este conjunto de conocimientos, métodos de tratamiento y uso de ciertas drogas que durante siglos permanecieron intactos o tan solo corregidos de manera superficial, fueron utilizados, copiados y transmitidos a las nuevas generaciones pero jamás fueron cuestionados o investigados.

Ante la necesidad de tener animales más saludables y de mejor calidad, y de controlar enfermedades **epidémicas** y **endémicas**, algunos gobiernos europeos decidieron establecer Escuelas Veterinarias que hoy en día son conocidas como el origen de la medicina veterinaria moderna. Este desarrollo comenzó hace tan sólo 200 años. Las primeras Escuelas de Medicina Veterinaria se crearon en Francia en el siglo XVIII (Lyon 1762, Alfort 1766) y es curioso notar que en la cuna de la veterinaria "científica" fue precisamente donde la acupuntura tuvo su mejor acogida.

La medicina china causó un impacto muy fuerte en el ámbito de la medicina de Europa occidental y muy en especial, como ya se mencionó, en el ámbito médico francés durante los siglos XVII y XVIII.

A mediados del siglo XIX, numerosos misioneros Jesuitas franceses fueron expulsados de China, después de todo un siglo de influencia Jesuita sobre la corte del emperador en Pekin y regresaron a su país portando consigo un interés renovado por la medicina tradicional china, la cual en aquel momento era claramente superior a la medicina occidental, e incluso más avanzada en el campo de la veterinaria. Esto fue especialmente

notorio en las pequeñas especies, para las cuales no se había desarrollado entonces casi ningún tratamiento mientras que autores chinos, por ejemplo Wang Tao que durante la dinastía Tang (618-907 A.D.) ya reportaba enfermedades bien determinadas en perros y los tratamientos para combatirlas.

Desafortunadamente poco se sabe sobre este período de la acupuntura veterinaria fuera del hecho de que fue ampliamente utilizada en el tratamiento de pequeñas especies y de caballos. Esta "nueva-vieja" disciplina fue enseñada a estudiantes alemanes y austriacos en Francia y fue introducida en Rusia en el año de 1861 por un profesor alemán que la había aplicado ya con éxito en Berlín. El Prof. Anton Hayne, médico veterinario austriaco, fue instruido en la acupuntura veterinaria en Viena en 1830. El hecho de que en el primer diccionario de *Zoofarmacología* publicado en 1801 por la nueva escuela veterinaria de Berlín apareciera la *Artemisia vulgaris* como el ingrediente de la **Moxa** japonesa confirma el innegable reconocimiento de que era objeto la acupuntura en la Europa del siglo XVIII.

El eminente médico veterinario L. Janson profesor en la Escuela Veterinaria de Berlín, introdujo en occidente la primera información sobre el alto desarrollo de la veterinaria tradicional Chino-japonesa. En 1880 llegó a Japón y trabajó como profesor de la Escuela Veterinaria de Tokyo hasta 1902.

Para mediados del siglo XIX los avances en las ciencias naturales y su repercusión en la medicina y la veterinaria condenan al olvido a la acupuntura, una disciplina cuyos métodos de diagnóstico y terapia se apoyan en una explicación filosófica de la vida y sus fuerzas. Al mismo tiempo, otra de las técnicas muy utilizadas dentro de la medicina veterinaria occidental, las **sangrías**, cae en desuso; dicha práctica guardaba una

asombrosa similitud con técnicas de la medicina tradicional china y muy en especial con las usadas en acupuntura.

Solamente en Francia la acupuntura veterinaria no es abandonada por completo. Esto fue resultado del frecuente contacto que la medicina francesa guardó con las prácticas de la medicina china debido a la ocupación francesa en Indochina durante el siglo XIX.

Años más tarde continuó el interés por la medicina china y De Morant publica en 1943 un compendio de acupuntura expresado en un lenguaje comprensible para la comunidad médica europea. Diez años antes Huebotter había publicado la primera evaluación académica de la medicina china y sus orígenes históricos. Estos dos científicos fueron los precursores del renacimiento de la acupuntura en Europa en el siglo XX y propiciaron que se generara una oleada de actividades y serios esfuerzos tendientes a explorar el valor terapéutico de la acupuntura en la medicina humana y a explicar sus mecanismos de acción.

Un cúmulo de veterinarios allegados todos ellos a la práctica de la acupuntura en Francia, Alemania y Austria trataron, durante los últimos 20 años de trasladar los conocimientos adquiridos en la práctica de la acupuntura en humanos hacia su aplicación en animales.

En Europa del Este los métodos tradicionales de diagnóstico y terapia en animales y la acupuntura veterinaria fueron abandonados aproximadamente hace 100 años. La alianza política con China durante los años 40's y 50's pusieron a Rusia al corriente de las prácticas de la acupuntura veterinaria en China y permitieron la traducción de textos chinos y la propagación del uso de la acupuntura veterinaria en Rusia y algunos de los países políticamente ligados a ella.

En América, la medicina veterinaria "moderna" arribo después de que la acupuntura había sido abandonada en Europa.

La acupuntura humana llegó a los Estados Unidos con la "importación" de trabajadores chinos hace un siglo, pero fue practicada únicamente dentro de sus propias comunidades. La apertura política de China hacia los Estados Unidos, a principios de los años 70's, generó un gran interés por todas las facetas de la vida y la cultura chinas; mostró la importancia que la acupuntura había adquirido tanto en el extranjero como en su propio país y la amplia gama de posibilidades que esta disciplina ofrecía para el diagnóstico, la terapia y el entendimiento de las funciones del cuerpo hasta entonces no consideradas. Como resultado meramente incidental, veterinarios de todo Norteamérica se interesaron en sus aplicaciones. Así tuvieron origen dos sociedades científicas que tenían por objetivo la evaluación, investigación y enseñanza de la acupuntura en la unión americana, ellas son la "*National Association for Veterinary Acupuncture*", NAVA, (Asociación Nacional de Acupuntura Veterinaria) y la "*International Veterinary Acupuncture Society*", IVAS, (Sociedad Internacional de Acupuntura Veterinaria).

En México, el primer curso de acupuntura veterinaria se realizó en 1975 organizado por la Asociación de Médicos Veterinarios Especialistas en Pequeñas Especies (AMVEPE). Pero los esfuerzos más serios se llevaron a cabo en 1981 y 1984, con la realización de dos cursos internacionales organizados por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y el Centro Médico Nacional.

Hoy en día, la mayoría de los veterinarios europeos y americanos no tienen ningún conocimiento sobre acupuntura o cuando más, poseen un panorama muy general acerca de esta importante parte de la medicina tradicional china gracias a las publicaciones de

difusión que recientemente han aparecido. A menudo no se sabe mucho acerca de la acupuntura en animales, aunque ella sea la llave de un maravilloso mundo de "nuevas-vejas" terapias. Un pequeño, pero creciente número de practicantes de la veterinaria en Europa continúan explorando las posibilidades del uso de la acupuntura veterinaria tanto en grandes como pequeñas especies para diagnóstico, terapia y **analgésia**. En el campo de la reproducción, la verificación de sus efectos es investigada en cooperación con las escuelas de veterinaria de las Universidades de Viena y Zürich.

Recientemente y con el concurso de muchos países incluyendo México, se organizó el Primer Simposio internacional de Acupuntura Veterinaria en mayo de 1986 en Beijing.

## 2.3 Auriculopuntura

En la medicina tradicional china existen cinco ramas principales para curar. La primera y más importante es la **herbolaria**, le siguen la acupuntura y moxibustión, la dieta, los masajes y el ejercicio.

Dentro de la acupuntura existen diversas modalidades para estimular los acupuntos. La forma más conocida consiste en la inserción de agujas en éstos; otra es la venopunción o corte de algunas venas para lograr el sangrado en los puntos, llamada **hemoacupuntura**, muy practicada en China pero no en países occidentales. Una tercera forma es la **quimioacupuntura** o **acuacupuntura**, esta técnica consiste en inyectar una sustancia en el acupunto. La inyección es intradérmica o, en su defecto, subcutánea. Por otro lado, se han utilizado una gran variedad de sustancias, que van desde el agua destilada hasta la **trementina**, según el nivel de estimulación requerido. La quimioacupuntura se basa en que un tejido dañado por la penetración y manipulación de la aguja en el acupunto, sufre una reacción inflamatoria, la cual también se presenta como respuesta a la presencia del químico. En ambos casos, las reacciones que ocurren en la inflamación producen los mismos resultados.

Las sustancias más utilizadas en la acuacupuntura veterinaria, en orden de capacidad irritante son: agua destilada, **solución de Ringer**, solución salina fisiológica, hidróxido de sodio, vitamina B12 o complejo B, **procaína** al 1% y aceite alcanforado. Algunos veterinarios, particularmente en Alemania, inyectan preparaciones homeopáticas en el acupunto seleccionado; los autores han hallado buenos resultados con esta modificación.



Junto con la acupuntura, se encuentra la moxibustión, que consiste en el tratamiento de las enfermedades mediante la quema de las hojas molidas y pulverizadas de *Artemisia Vulgaris* para causar dolor en los puntos o en ciertas zonas del cuerpo. Habitualmente esta técnica se utiliza en individuos que tienen una enfermedad crónica de difícil curso.

EL uso de masajes para la estimulación de un acupunto o un conjunto de acupuntos, es un método arraigado en Oriente. Corresponde a un gran conjunto de técnicas probadas y que están en perfecta consonancia con los principios filosóficos de la medicina tradicional china. Este método es tan importante, que a dado origen a varias disciplinas terapéuticas, como el famoso *Tsubo*.

Una de las técnicas más socorridas a partir de los años 50's es la auriculoterapia, tratamiento de las enfermedades por medio de la estimulación de los acupuntos situados en la oreja. Esta forma de acupuntura que brinda muchas oportunidades de tratamiento como son:

- Aplicación de grapas de sutura, que no pueden dejarse por mucho tiempo pues son notablemente traumáticas.

- La técnica *Catgut*, que consiste en colocar un fragmento de 3-4 mm de *catgut* fino en una aguja hipodérmica e introducirlo subcutáneamente en el acupunto utilizando la jeringa como pistón. No hay que quitar el implante después.

- Los balines de metal, generalmente de acero, que se colocan en plano subcutáneo. Cuando acaba el tratamiento se suele retirar el implante. Una modificación de esta técnica es colocar el balín o cualquier objeto esférico duro de 3 a 4 mm de diámetro (un grano

de pimienta por ejemplo), sobre el acupunto y cubrirlo con una cinta adhesiva que permita

la transpiración de la piel y mantenga el balín en su sitio.

- Agujas de inserción superficial.

A diferencia de la manera compleja en la que se estructura la acupuntura corporal, en la auriculoterapia únicamente se debe identificar el órgano con el correspondiente punto de la oreja y al aplicarle un estímulo, como los antes mencionados, se obtiene una respuesta.

Cuatrocientos años a.C. los libros de medicina en China consideraban que la oreja no era un simple órgano, sino que tenía relación con todo el sistema del organismo humano. En todo el cuerpo podemos señalar doce meridianos: seis *Yang* y seis *Ying*. Los primeros pasan a la oreja a través de la cabeza, los segundos se combinan en el cuerpo con éstos, de modo que los doce meridianos llegan igualmente hasta la oreja.

Hace 200 años que la medicina china usa la oreja como base para el diagnóstico de inflamaciones en diversos órganos. Ko-Hung (281 a 341) relataba en su libro que 500 años a.C. los chinos ya realizaban curaciones de diversas enfermedades soplando con un tubo dentro del oído. Suen-Tsu-Mou (581-682), punzando en puntos determinados del vientre, curaba la ictericia.

En el siglo XVI, en un libro de acupuntura china se explicaba como, mediante la moxibustión de los puntos superiores de la oreja, se lograba curar las cataratas. Los campesinos chinos mediante la punción en el lóbulo de la oreja o sacando sangre rozando

apenas la vena que corre por detrás del pabellón de la oreja, lograban curar el dolor y la irritación de los ojos; con trozos de porcelana, raspando el borde de la oreja, aliviaban los dolores del tórax y la diarrea, y con leves tirones y masajes en el lóbulo curaban el dolor de cabeza.

Las vías fisiológicas para explicar estos eventos están aún poco desarrolladas, pero es un hecho que en múltiples ocasiones se ha logrado éxito terapéutico con una visión tan aparentemente simple como la que plantea la auriculopuntura. Los primeros mapas de las estructuras corporales derivan de las cartas originales de los libros clásicos de la acupuntura china, pero en realidad el desarrollo moderno de la auriculoterapia se debe al eminente Doctor Paul F. Nogier, quien detalló la correspondencia de los puntos con órganos, enfermedades y sistemas.

Desde 1956 comenzaron a usarse las agujas como elemento curativo; mediante su inserción en tres puntos del perímetro de la oreja logra curarse, por ejemplo, la amigdalitis aguda.

En 1957, el doctor alemán Gerhard Bachmann tradujo un artículo de Nogier, aparecido en la revista médica *Deutsche Zeitschrift Fürsakupunktur* (Boletín Alemán de Acupuntura), en el cual se explicaba claramente la relación existente entre la oreja y todo el resto del organismo, citando las experiencias realizadas con sus pacientes y los óptimos resultados obtenidos.

A través de sus estudios logró descubrir una serie de puntos curativos, y luego de haberse publicado su artículo, la acupuntura entró en un período de auge y comenzó a difundirse por todo el mundo.

De acuerdo con las afecciones que presenta un organismo, pueden distinguirse alteraciones en los puntos de la oreja: de baja impedancia, de dolor, con mayor afluencia de sangre, zonas donde los puntos han cambiado de color, pequeñas erupciones, reducidas ampollas, zonas escamosas o inflamadas.

Según el aspecto de la zona, esto se toma como base de referencia para el diagnóstico, tratamiento y aún anestesia.

Con esta visión se han logrado identificar muchos puntos pero, si se sabe que existen más de 100 puntos en la oreja del hombre (casi 200), por lo menos deben existir un número igual o unos cuantos menos en los animales.

La *International Veterinary Acupuncture Society* (IVAS), ha intervenido para ofrecer becas a nivel mundial a los investigadores que logren avanzar en el estudio de la auriculoterapia en las diversas especies animales (la beca Grady Young).



## 2.4 Localización y Nombre de los Acupuntos de la Región Auricular en Humano, Vaca, Cerdo, Caballo y Perro.

### Humano

Nogier presentó los resultados de sus investigaciones en auriculoterapia en los años 50's a la sociedad francesa de acupuntura. Para difundir su trabajo en revistas internacionales, sus reportes fueron trasladados a Alemania y se cree que fue por medio de esta publicaciones que el mapa de puntos propuesto por Nogier con la visión de un

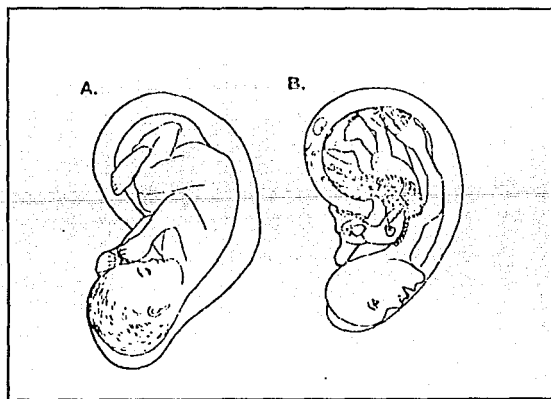
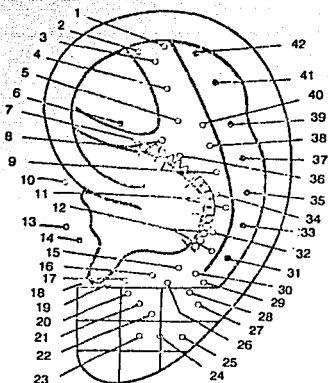


Fig 2.4.1 Visión artística de la representación somatotópica del cuerpo concebido como un feto invertido, según Nogier (A) y según los chinos (B).

feto invertido fue introducido a China. Sin embargo, una vez presentado, los chinos dieron a conocer sus propios mapas para la determinación de acupuntos en la oreja.

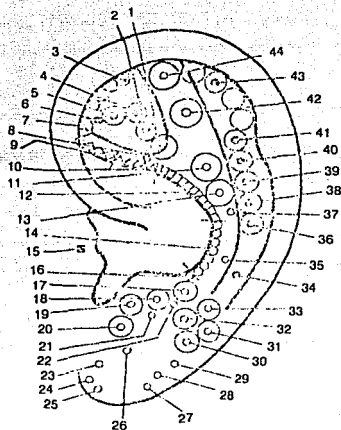
A los clínicos dedicados a la auriculoterapia, se les presenta la disyuntiva de cual de los dos sistemas utilizar, dado que ambos coinciden en la representación somatotópica del cuerpo visto como un feto invertido, pero se diferencian en la posición que guarda éste, tal como se presenta en la figura 2.4.1. De hecho, las cartas de Nogier y las cartas chinas han sido utilizadas con buenos resultados.



1. Dedos del pie	12. Vértebras Cervicales	23. Ojo	34. Tórax
2. Talón	13. Nariz Externa	24. Mejillas	35. Hombro
3. Tobillo	14. Nariz Interna	25. Oído Interno	36. Abdomen
4. Articulación Rodilla	15. Occipital	26. Vértex Cabeza	37. Codo
5. Articulación Cadera	16. Sienes	27. Maxilar Superior	38. Abdomen
6. Muslo	17. Frente	28. Dientes	39. Muñeca
7. Nalgas	18. Ojo 1	29. Mandíbula	40. Rodilla
8. Coxis	19. Ojo 2	30. Paladar Suave	41. Mano
9. Vértebras Lumbares	20. Paladar Inferior	31. Clavícula	42. Dedos Mano
10. Oído Externo	21. Lengua	32. Cuello	
11. Vértebras Dorsales	22. Paladar Superior	33. Hombro	

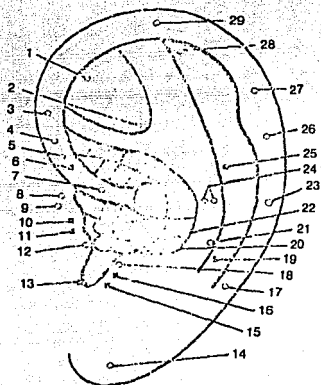
Fig. 2.4.2 Acupuntos chinos del oído relacionados con los sistemas musculoesquelético y sensorial





- |                          |                           |                          |                      |
|--------------------------|---------------------------|--------------------------|----------------------|
| 1. Articulación Cadera   | 12. Vértebras Dorsales    | 23. Olfato               | 34. Art. Hombro      |
| 2. Muslo                 | 13. Tórax                 | 24. Nariz                | 35. Cuello           |
| 3. Dedos del Pie         | 14. Vértebras Cervicales  | 25. Mejillas             | 36. Hombro           |
| 4. Articulación Rodilla  | 15. Punto Maestro de Piel | 26. Ojo                  | 37. Clavícula        |
| 5. Pantorrilla           | 16. Cráneo                | 27. Labios               | 38. Brazo            |
| 6. Articulación Tobillo  | 17. Occipital             | 28. Sensaciones Faciales | 39. Codo             |
| 7. Talón                 | 18. Temporal              | 29. Oído Externo         | 40. Antebrazo        |
| 8. Nalgas                | 19. Frontal               | 30. Lengua               | 41. Muñeca           |
| 9. Vértebras Sacrales    | 20. Senofrontal           | 31. Mandíbula            | 42. Palma de la Mano |
| 10. Vértebras Lumbares   | 21. Audición              | 32. Maxilar Superior     | 43. Dedos            |
| 11. Músculos Abdominales | 22. Visión                | 33. Art. Tempomandibular | 44. Pulgar           |

Fig. 2.4.3 Acupuntos de Nogler relacionados con los sistemas musculoesquelético y sensorial



- |                       |                          |                        |
|-----------------------|--------------------------|------------------------|
| 1. Utero              | 12. Suprarrenal          | 23. Amígdalas 2        |
| 2. Cavity Pélvica     | 13. Secreciones Internas | 24. Glándulas Mamarías |
| 3. Genitales Externos | 14. Amígdalas 4          | 25. Apéndice 2         |
| 4. Uretra             | 15. Ovarios              | 26. Hígado Yang 2      |
| 5. Ano                | 16. Testículos           | 27. Hígado Yang 1      |
| 6. Recto              | 17. Amígdalas 3          | 28. Apéndice 1         |
| 7. Diafragma          | 18. Glándula Parótida    | 29. Amígdalas 1        |
| 8. Corazón            | 19. Apéndice 3           |                        |
| 9. Visceras           | 20. Pituitaria           |                        |
| 10. Garganta          | 21. Tiroides             |                        |
| 11. Faringe y Laringe | 22. Tubérculo            |                        |

Fig. 2.4.4 Acupuntos chinos relacionados con los órganos internos y el sistema endocrino

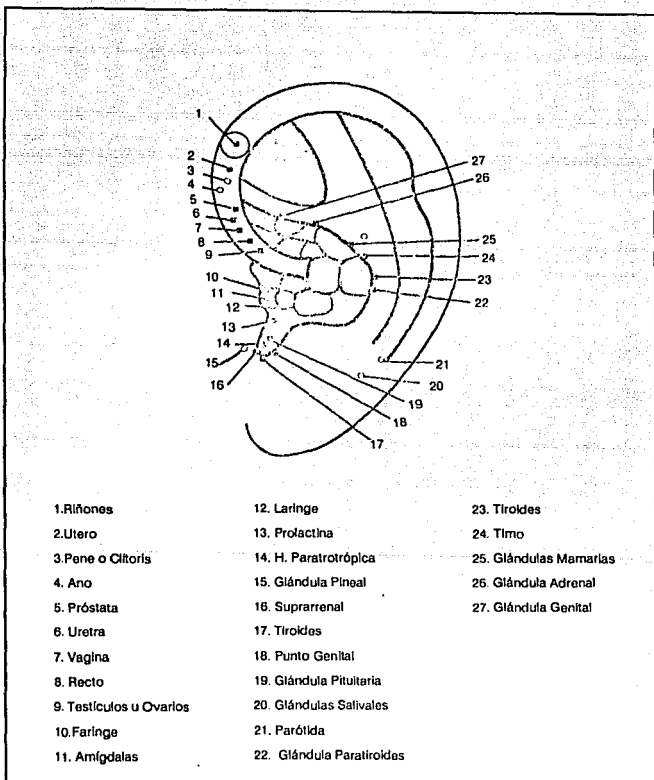


Fig. 2.4.5 Acupuntos de Nogier relacionados con los órganos Internos y el sistema endocrino

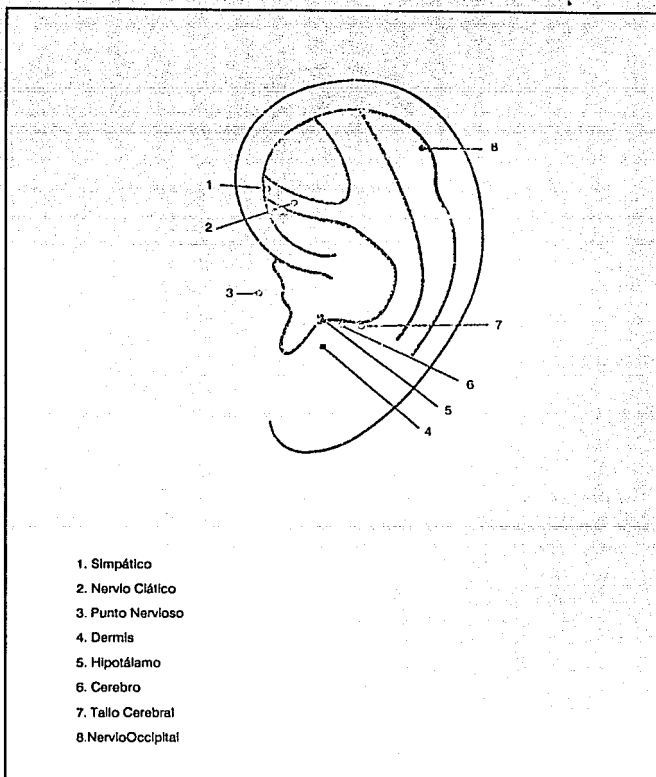


Fig. 2.4.6 Acupuntos chinos relacionados con el sistema nervioso

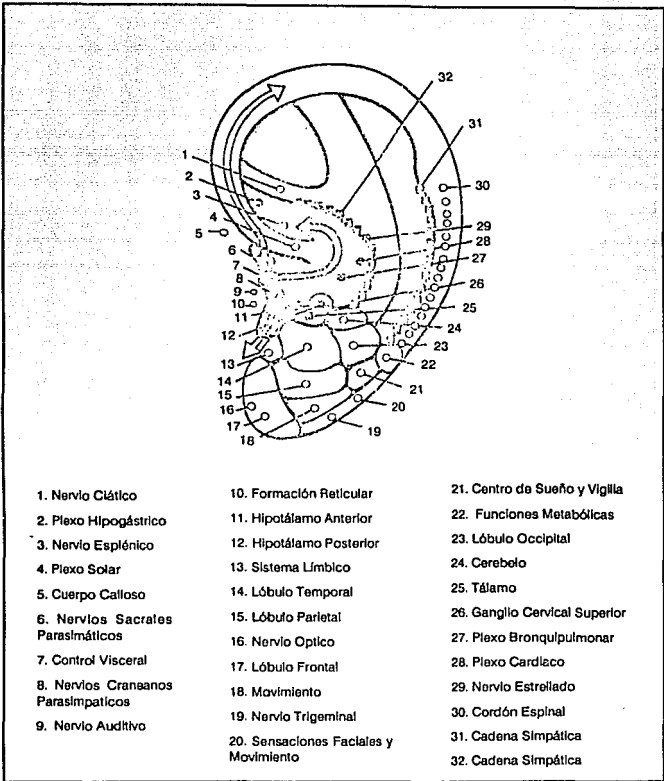


Fig. 2.4.7 Acupuntos de Nogier relacionados con el sistema nervioso

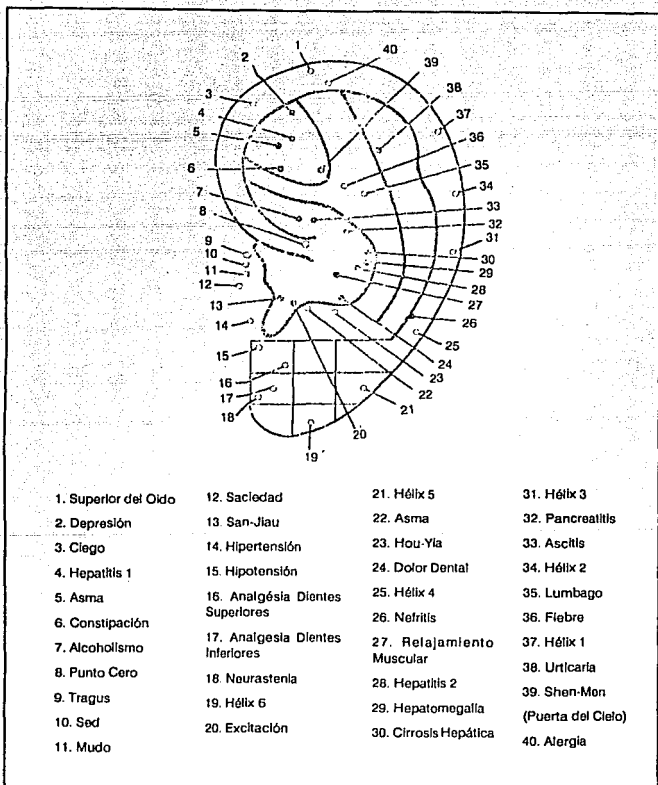
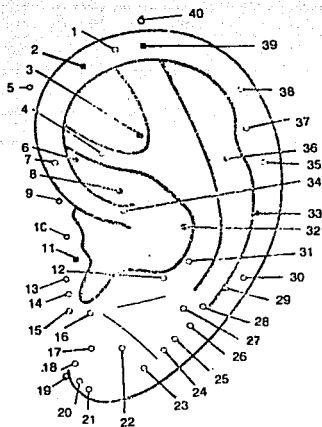


Fig. 2.4.8 Acupuntos Chinos relacionados con enfermedades específicas y problemas funcionales



- |                              |                               |                                   |                                 |
|------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|
| 1. Omega 2                   | 12. Vértigo                   | 23. Control de Estornudos         | 33. Hipnósis                    |
| 2. Comando Mesodermo         | 13. Punto de la Relajación    | 24. Punto de la Alegría           | 34. Punto Cero                  |
| 3. Shen-Men                  | 14. Ritmo Cardíaco            | 25. Regulación Metabólica         | 35. Punto de Alerta             |
| 4. Clática                   | 15. Comando Endodermo         | 26. Euforia                       | 36. Inducción de Sueño          |
| 5. Punto Psicoterapéutico    | 16. Control de la Agresividad | 27. Analgesia Dental              | 37. Punto de Darwin             |
| 6. Hemorroidas               | 17. Punto Maestro Omega       | 28. Sueño                         | 38. Coxalglia                   |
| 7. Comando Endodermo         | 18. Control de Miedo          | 29. Control Sexual                | 39. Alergias                    |
| 8. Desordenes Digestivos     | 19. Inflamación Artrítica     | 30. Punto Maestro Neurovegetativo | 40. Punto de la Prostaglandina. |
| 9. Punto del Líbido          | 20. Punto Psicósomático       | 31. Tortícolis                    |                                 |
| 10. Punto de la Vitalidad    | 21. Punto Analgésico          | 32. Presión Sanguínea             |                                 |
| 11. Control de la Oscilación | 22. Punto Maestro Sensorial   |                                   |                                 |

Fig. 2.4.9 Acupuntos de Nogier relacionados con enfermedades específicas y problemas funcionales

## Vaca

Los puntos activos para la oreja de la vaca, fueron determinados utilizando 80 especímenes con enfermedades clínicas conocidas tales como: mastitis, patologías **carpal y tarsal**, problemas de infertilidad, enfermedades del útero o los ovarios, retención de placenta, **desordenes gastrointestinales y parálisis puerperal** (fiebre de la leche).

Ya que no se ha definido la localización exacta de los acupuntos, a continuación se presentan las zonas asociadas con las enfermedades antes mencionadas:

### - Zona Carpal

Usualmente **ipsilateral** en la parte externa a un tercio de distancia del pliegue caudal.

### - Zona Tarsal

Usualmente **ipsilateral** en la parte externa a un tercio de distancia del pliegue intermedio.

### - Zona de las Ubres

Algunas zonas activas se encuentran en el punto medio a lo largo del pliegue intermedio de la oreja.

### - Zona Reproductiva y Genital

Las zonas activas se localizan alrededor de la circunferencia de la **muesca Intertrágica**, en un área similar a la zona endocrina en humanos. La zona de los ovarios es más craneal en la muesca intertrágica y en las partes ventrales del **tragus**.

### - Zona del Utero

Se localiza en el **antitragus**.

### - Zona del Hígado

Se localiza en la fosa triangular de la oreja derecha.

### - Zonas Gastrointestinales (Hígado, Intestino Delgado, Herbario)

Se localizan en el **antehélix** y algunas veces a un tercio adentro de la longitud del pliegue craneal.



- Zona del Herbario

Localizada en la fosa triangular de la oreja izquierda.

- Zona Craneal del Intestino Delgado

Localizada en el cruce del antehélix rostral de la oreja derecha.

- Zona Paratiroidal (de la Parálisis Puerpera)

Localizada en una pequeña depresión cerca del tragus junto a la cruz del hélix

Estas zonas pueden no ser definitivas y pueden existir otras. Los puntos relacionados con órganos y funciones específicas quedan por ser determinados.

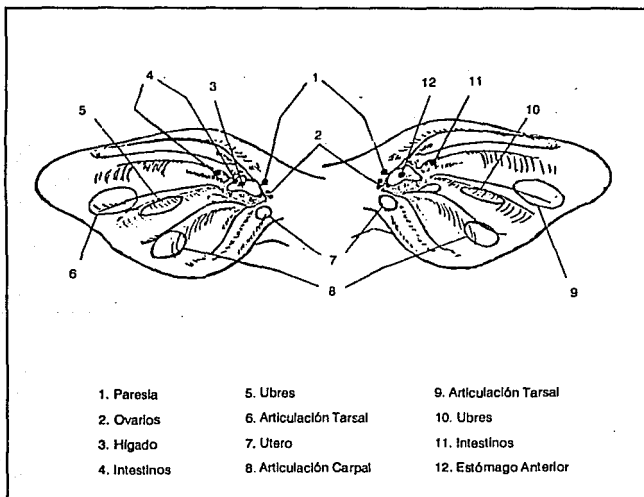


Fig. 2.4.10 Zonas de la Oreja de la Vaca asociadas a enfermedades específicas (Kothbauer, 1986)

## Cerdo

En la oreja del cerdo se han localizado 6 puntos pero aún no se ha establecido la relación de éstos con órganos, sistemas y funciones. En la figura 2.4.11 se presenta la localización de dichos puntos.

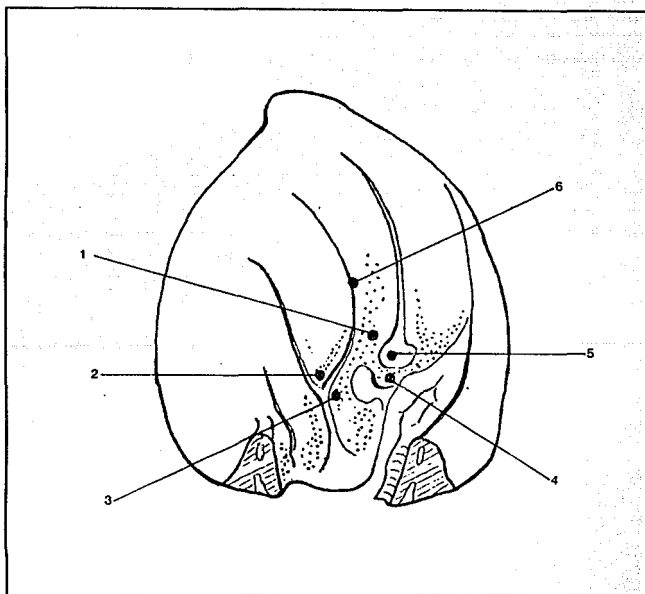


Fig. 2.4.11 Acupuntos de la Oreja del Cerdo

## Caballo

En los caballos se han identificado 10 puntos, que se esquematizan en la figura 2.4.12. Los puntos occipital, de inteligencia y simpático se utilizan para mejorar el rendimiento de los animales de competencia. Los puntos de la inteligencia y el maravilla facilitan el adiestramiento en tareas de memorización. Los puntos del triple calentador y del abdomen se emplean solos o con el simpático para solucionar problemas reproductivos; los demás puntos se usan para tratar las enfermedades del órgano que los define.

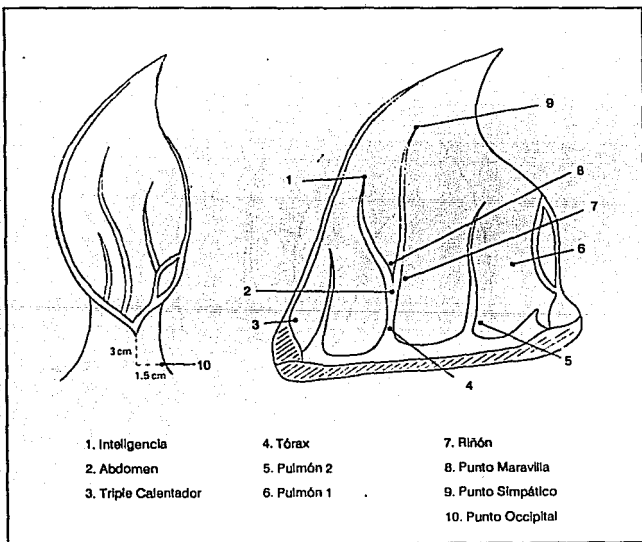


Fig. 2.4.12 Acupuntos de la oreja del caballo

Perro

Por correlación anatómica y la comparación de las orejas humanas con las caninas, se han establecido los puntos con efectos directos sobre órganos y tejidos en el perro.

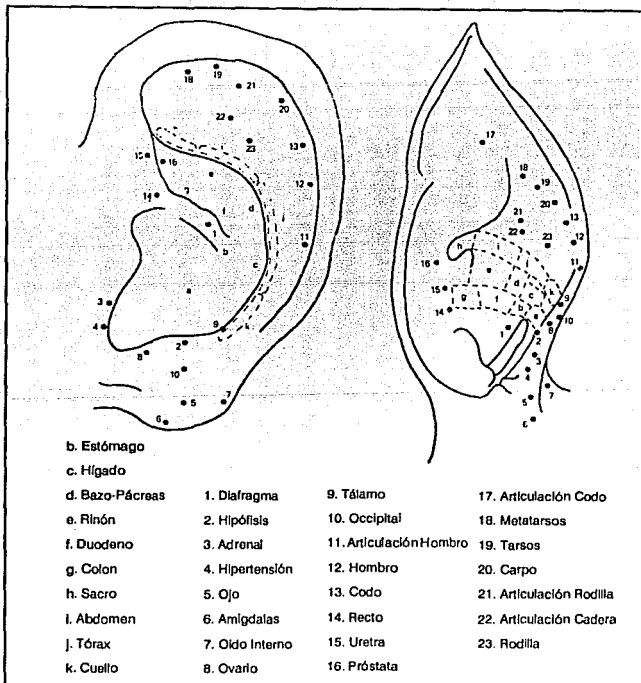


Fig. 2.4.13 Áreas de influencia (con letra) y Acupuntos (con número) auriculares en Hombre y Perro



### **3. FUNDAMENTOS TECNICOS PARA LA LOCALIZACION DE ACUPUNTOS**

#### **3.1 Bases Científicas de la Acupuntura**

Una de las razones por las que la comunidad médica occidental no acepta la acupuntura con facilidad es la falta de una explicación clara acerca del mecanismo de acción de dicha ciencia.

No hay una teoría única, bien estudiada y definitiva que explique de manera clara y contundente el mecanismo de acción de la acupuntura. Sin embargo, cada vez toma más peso la idea de que en el fenómeno acupuntural no interviene un mecanismo único, sino que se activan varios mecanismos y sistemas a la vez. Así, cada una de las teorías sobre el fenómeno acupuntural propuestas en los últimos años tiene parte de razón; ahora bien, pese a que se ha avanzado gran parte en la explicación científica de la acupuntura todavía falta mucho por descubrir y aclarar para poder comprenderla bien y mejorar su aprovechamiento. Esto llevará aún algunos años. Mientras tanto, toda investigación científica, debe considerar tanto los conceptos tradicionales como los resultados de las modernas investigaciones.

Se han postulado numerosas teorías para explicar con bases científicas los efectos de la acupuntura. Por tanto, es importante dar una visión general de éstas antes de exponer los principios filosóficos en que se basa esta antigua práctica de la medicina tradicional china.

En el intento de explicación científica se han presentado muchos escollos, incluso antes de intentar postular una explicación. Lo anterior quizá se deba a que la acupuntura se ha practicado más como arte que como ciencia, por ejemplo es factible encontrar que entre los especialistas hay diferentes opiniones sobre en qué tejido se ha de aplicar la aguja: Cloquet (1826) decía que debe evitarse la punción de los nervios; Boné, por el contrario trataba de penetrar en el nervio. Algunos autores trataron de demostrar que no había ninguna consecuencia dañina si se punzaba cerebro, vasos sanguíneos, hígado o cualquier otro órgano interno. Sin embargo, la mayoría de los autores aconseja evitar la punción de vasos sanguíneos, nervios y órganos internos.

Hay incluso el problema de la interpretación adecuada de los principios filosóficos en que se sustenta esta medicina. Así, en la antigüedad se suponía que las agujas hacían aberturas por donde salían las enfermedades y que la moxibustión mataba la enfermedad por el fuego. Las fuerzas cósmicas, de acuerdo con los médicos chinos influyen en el organismo y las enfermedades; por tanto, ellos han introducido reglas sobre los procedimientos curativos en cuanto a horario y días en que las condiciones son más favorables. A partir de estas condiciones y del poco tiempo dedicado al estudio científico de la acupuntura, se han presentado las siguientes explicaciones.

Una de las primeras explicaciones que dieron algunos médicos occidentales al no poder negar la curación por acupuntura y moxibustión, fue atribuir la acción a la sugestión del paciente. Dicha explicación ha sido rápidamente abandonada debido a los efectos que se observan en los animales. Sin embargo, es importante señalar que el factor psicológico de predisposición y el estado mental del paciente son importantes para el éxito del tratamiento. Por tanto, en todo tratamiento acupuntural se intenta que el sujeto comprenda en que consiste el tratamiento, con lo cual se busca su confianza y mayor

participación. En el caso de la veterinaria es importante ganarse la confianza y colaboración del dueño o encargado del animal. Por otra parte, los chinos consideran malos candidatos a la acupuntura a los **neuróticos** o, en el caso de la veterinaria a los pacientes que se excitan con facilidad o que **sufren stress** por el mal manejo del clínico.

Otros médicos, emitieron una teoría térmica a partir del hecho que desde la antigüedad se usaban agujas calentadas. En la actualidad, esta versión carece de importancia. Algunos autores señalaron que al momento de introducir la aguja en el tejido, aparecen algunos elementos que liberan **enzimas** y otros componentes celulares que actúan como la **proteínoterapia** o **tisuloterapia**. Sin embargo, este mecanismo no explica los casos en que se observa un efecto inmediato. Lo que se ha podido identificar, es que en el lugar de la punción se acumula cierta cantidad de histamina, lo que produce **edema local hiperemia, vasodilatación capilar** y cambios en la **permeabilidad de los vasos**; esta reacción local, puede transmitir señales por fenómenos galvánicos, pues los tejidos del organismo son eléctricamente activos.

En fecha más reciente, se ha postulado que acupuntura y moxibustión son una forma de reflejo terapia. Muchos autores indican que los puntos vitales se distribuyen en la mayoría de los casos en zonas que coinciden con puntos de la medicina occidental conocidos como dermatomas. La comparación de estas zonas está bien realizada. En su libro Nueva Explicación de la Acupuntura y Moxibustión, publicado en 1945, Chirota y Yanagia trataron de poner en claro la relación del **tegumento** con los órganos internos. Según sus ideas, los impulsos que parten de la piel donde se encuentran las terminaciones de los filamentos nerviosos siguen hasta el cerebro y la médula dorsal, desde donde van a los órganos internos por medio de las fibras nerviosas simpáticas y parasimpáticas. Ellos consideraron que siguiendo estas vías, los impulsos pueden ir en ambas direcciones o sea piel-órganos y órganos-piel.



En toda dolencia de los órganos internos hay una excitación de las terminaciones nerviosas, la cual sigue las vías mencionadas hasta las zonas correspondientes de la piel. Esto se acompaña de dolor local debido al aumento o disminución del umbral de excitación local e **Induración** y **ablandecimiento** de los tejidos.

Según la teoría de los reflejos, la excitación producida en ciertos puntos de la piel por **acupuntura** o **moxibustión**, se transmite por los troncos nerviosos hasta el sistema nervioso central; en vez de traducirse en una reacción motriz, la excitación generada en la periferia produce una reacción del sistema nervioso autónomo que tiende a normalizar los órganos correspondientes. Así, se cree que la acupuntura y moxibustión pueden contribuir a la restitución del equilibrio del organismo porque normalizan los procesos de excitación e inhibición de la corteza cerebral, vía sistema nervioso autónomo.

Los médicos tradicionales chinos, siempre han considerado que las enfermedades modifican al cuerpo, el cual es el campo de lucha de dos fuerzas: el poder de resistencia del cuerpo y la causa de la enfermedad. En el Instituto de Investigación de Medicina China, en Beijing, se han realizado diversas observaciones que muestran que la acupuntura puede modificar los **leucocitos**, **peristaltismo**, secreción del estómago, intestinos y biliar; además, puede estimular la **excreción renal**, mejorar las condiciones de la presión sanguínea y el ritmo cardiaco, incrementar la cantidad de agentes inmunizantes del cuerpo y estimular la **fagocitosis**. Los efectos curativos de las agujas en los puntos de acupuntura, se producen por medio de los canales o meridianos y colaterales, sistema nervioso periférico y central, reflejos segmentales y a través de los **humores**. Todos estos sistemas están interrelacionados con el sistema **neuroendócrino**. Sin embargo, las teorías basadas en la simple acción refleja, son insuficientes por la complejidad de las vías neurológicas. La situación se complicó más al observarse que también participan

factores humorales en el proceso acupuntural.

Los mediadores liberados por acción de la acupuntura llevan un mensaje al **sistema nervioso central (SNC)** vía humoral, **sistema nervioso autónomo (SNA)** y **sistema nervioso somático (SNS)**, lo que provoca un **reflejo autonómico**. Tanto las señales simpáticas como parasimpáticas, regresan y activan terminales simpáticas y parasimpáticas que, a su vez, hacen fluctuar los niveles de **AMP cíclico** y **GMP** a nivel local. Estos reducen la **respuesta inmunológica** (o en algunos casos la aumentan), puesto que es conocido que los niveles de AMP cíclico regulan sustancias como la histamina, **5 H-T**, las **SRS-A (sustancias de liberación lenta de la anafilaxia)**, las **braquidiquininas**, y las **prostaglandinas**.

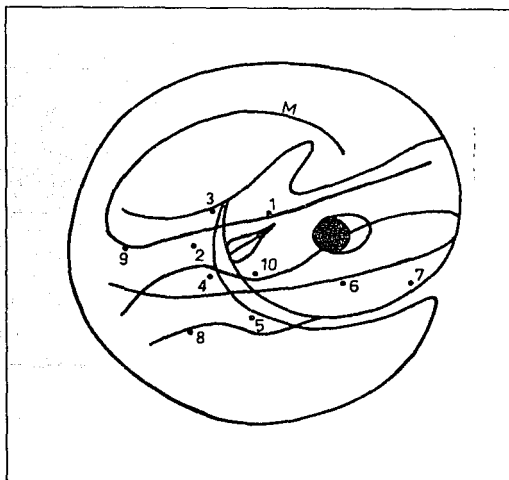
Al parecer, entre los centros más importantes de la respuesta a la acupuntura están, **tálamo** e **hipotálamo**. Además, el estado de tensión continua provoca "el síndrome de adaptación"; el cual está mediado por el **eje hipotalámico-hipofisario-adrenal**. Es importante señalar a este respecto que los animales en condiciones de **caquexia** apenas responden a la terapia con acupuntura, quizá porque el síndrome de adaptación ha sido sobrepasado. La liberación de **adrenalina** aumenta los niveles de AMP cíclico, y por lo tanto, disminuye la liberación de los **mediadores** de la respuesta inmunológica.

Una teoría más difícil de demostrar es la **neurotalámica**. Sus principales puntos son:

1. Hay un foco de actividades anormales en el cerebro paralelo a un proceso patológico del organismo.
2. La estimulación periférica de neuronas en este foco, puede regularizar o normalizar las funciones por acondicionamiento.
3. Este núcleo está en el tálamo y se conoce como **homúnculo** (representación miniatura del cuerpo).

4. El homúnculo tiene una posición fetal.
5. Las cadenas neuronales a lo largo del homúnculo, representan los meridianos y los pequeños grupos neuronales a los puntos de acupuntura.

Dicha teoría cuenta con ciertas bases; por ejemplo el dolor fantasma de un miembro amputado, que sólo se explica en función de la integridad del homúnculo (Fig.3.1.1)



**Fig. 3.1.1** Representación del homúnculo localizado en el tálamo. El número 10 representa el centro del hombre (GV26) y su estimulación irradia la señal a todo el organismo. Nótese como el séptimo punto queda a nivel del ano y lo que sería la punta de la nariz en los genitales. Esto explica en parte, la elección de dichos puntos para enfermedades distantes.

En lo referente a meridianos y colaterales, la evidencia es menos definitiva; pero las recientes investigaciones del Prof. Robert O. Becker y Cols., realizadas en el Departamento de Cirugía Ortopédica del Centro Medico Upstate de Syracuse, Nueva York, sugieren que los puntos de acupuntura y los canales, forman un sistema de control primitivo de transmisión que opera por medio de señales electrónicas a través de una corriente directa. Según el profesor Becker, los canales son líneas de comunicación y los puntos "amplificadores" o estaciones de energía que aumentan la potencia de la señal y conservan codificado el mensaje transmitido.

En agosto de 1961, Kim Bong Han, profesor de Fisiología de Piong-Yang, comunicó al mundo científico los trabajos hechos en la escuela de fisiología dirigida por él. En dichos trabajos se exponía la presencia de un sistema morfológico funcional nuevo e independiente denominado "**Sistema Kyungrak**", como resultado del estudio de los meridianos y puntos de acupuntura chinos. Los trabajos mencionados pretenden demostrar la presencia de los meridianos. Desde entonces, las investigaciones del profesor Kim Bong Han y cols., han sido profundizadas especialmente en lo que atañe al sistema Kyungrak y al entendimiento de los mecanismos que regulan los procesos bioquímicos de dicho sistema.

El descubrimiento del sistema Kyungrak como un nuevo sistema anatomohistológico distinto del sistema circulatorio y del sistema nervioso, requirió la aplicación de variados métodos de investigación. Con éstos se ha identificado lo que el profesor Bong Han denominó "**corpúsculos de Bonghan**", que define como formaciones ovales, integradas al sistema Kyungrak y localizadas a nivel de la piel (corpúsculos superficiales de Bonghan), y en profundidad dentro del organismo (corpúsculos profundos de Bonghan). Los corpúsculos superficiales, situados a nivel reticular de la piel, corresponden a los puntos

denominados "Kyunghul" por el profesor y equivalen a los que se utilizan en la acupuntura.

Los puntos Kyunghul, son definidos como un cuerpo ovular, más brillantes que los tejidos que los rodean, de color amarillo pálido, cuyo diámetro largo es de 1 a 3 mm y el corto de 0.5 a 1 mm con el eje mayor en posición vertical con relación a la superficie de la piel. La base del corpúsculo de Bonghan está conectada a un manojo de vasos sanguíneos y "tubos de Bonghan". Al disecarlo, se desprende un líquido semitransparente, semifluido y viscoso, llamado "licor de Bonghan". **Histológicamente**, el corpúsculo superficial de Bonghan, está constituido por una capa exterior de **músculos lisos** y una sustancia interna formada por elementos celulares especiales, **tejido conjuntivo** (en particular **fibras argentófilas**) y numerosas redes capilares. A nivel de la capa exterior de los músculos lisos, se distingue una zona periférica externa, tenue, que circunda al corpúsculo y está un tanto unida al tejido conjuntivo que la rodea, así como una zona interna, longitudinal, más compacta, cuyas fibras corren paralelas al eje mayor del corpúsculo.

Las experiencias llevadas a cabo respecto de conductividad o transmisión de un estímulo dado a un corpúsculo de Bonghan, demuestran que el efecto del estímulo se transmite al corpúsculo siguiente, situado sobre el mismo tubo, a una velocidad de 3 mm por segundo. Dentro del marco del estudio bioquímico del licor de Bonghan, primero se encontró que dicho licor contenía una gran cantidad de sustancias **basófilas**. Después, mediante el método de Feulger y otros métodos **histoquímicos**, más el examen **microscópico fluorescente**, se ha detectado la presencia de **ácidos nucleicos** en los corpúsculos y tubos de Bonghan. El cálculo cuantitativo del ácido nucleico por el método **espectrofotométrico**, indica grandes cantidades de **ARN** y especialmente **ADN** en el corpúsculo. El tubo contiene 2300 mg/% de ADN y 1600 mg/% de ARN. Para una

estimación más justa de estas cifras, conviene compararlo con el contenido de ácidos nucleicos de otros tejidos: Hígado = 153 mg/%, Bazo = 700 mg/%, Riñones = 119 mg/% y Sangre = 35 mg/%.

El ADN y el ARN se encuentran en el licor de Bonghan y circulan por el tubo de Bonghan. Su presencia en este licor constituye un hecho insólito, ya que se encuentra fuera de toda **estructura citoplasmática y nuclear**. De ahí que se estime que la acción del sistema Kyungrak está estrechamente ligada a los ácidos nucleicos, aunque queda pendiente aclarar funciones y metabolismo.

En cuanto al dolor, las explicaciones neurológicas son las más aceptadas. Una muy importante es la del "Control de Entrada" o "Teoría de la Compuerta", propuesta por R. Melzack y P.D. Wall en 1965 (Fig. 3.1.2).

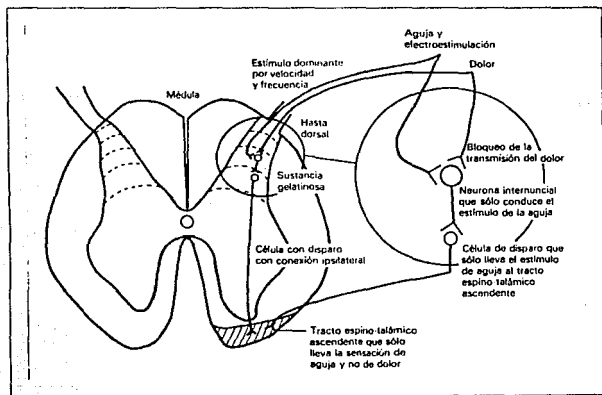


Fig. 3.1.2 Teoría del dolor y diagrama de la Puerta de Control

De acuerdo con esta teoría la percepción del dolor es modulada por una entrada funcional (una o varias) en las vías del sistema nervioso central. En circunstancias normales, esta entrada está "abierta" y los impulsos dolorosos pasan libremente; pero cuando se insertan las agujas, un segundo impulso (o impulsos) parte y al llegar a las puertas de entrada las bloquea y origina su cierre. En otras palabras, hay una competencia entre el impulso doloroso y el de no dolor; así, el cerebro deja de registrar el dolor durante la operación quirúrgica también, parecen tener una importante función los sistemas nerviosos simpático y parasimpático, ya que hay evidencia experimental de que las fibras nerviosas localizadas alrededor de los vasos arteriales, mandan al cerebro y médula espinal los impulsos originados por agujas.

Por su parte, los fisiólogos chinos han desarrollado su propia teoría nerviosa sobre el mecanismo de acción de la analgesia acupuntural. Se basan en el efecto de puertas para el dolor a nivel espinal en la sustancia gelatinosa y a nivel del tálamo en el **núcleo paraventricular y núcleo centrolateral**. La **formación reticular media**, también desempeña una importante función en la inhibición del dolor y se ha visto que la acupuntura aumenta los niveles de **GABA** (mediador inhibitorio neuronal) en esta estructura. Los **barbitúricos**, inhiben el dolor y deprimen la conciencia a través de la inhibición neuronal en la formación reticular. Una de las pruebas más obvias de que gran parte de la acción de la acupuntura, por lo menos en el aspecto de la analgesia, se lleva a cabo a través del sistema nervioso, es que la inyección de **xilocaína** bloquea los efectos inhibitorios de la acupuntura.

Como apoyo a las teorías nerviosas que pretenden explicar la analgesia acupuntural, se sabe que la conducción de los impulsos nerviosos, ocurre en **fibras grandes** (tipo A) que conducen la sensibilidad no dolorosa y el **dolor rápido** (por ejemplo, una caricia, un

golpe, una punción de aguja); mientras que las **fibras C** conducen, entre otras cosas, el **dolor visceral lento**. Por lo tanto, la estimulación de las fibras grandes, inhibe la sensación de dolor lento al bloquear sus conexiones en el SNC.

Para la inhibición del dolor rápido como el que se provoca durante la cirugía, ciertos puntos estimulados con acupuntura (electroestimulación), establecen una competencia directa a nivel de la neurona internuncial (o de Rensaw); los **haces espinotalámicos**, por la transmisión del impulso doloroso. Si la frecuencia de estimulación del acupunto (con electricidad) es rápida, se evita que el dolor (quirúrgico) llegue a los haces espinotalámicos y de allí a la corteza sensorial. Además, se ha demostrado que la acupuntura promueve la liberación de endorfinas que inhiben en forma **perisináptica** la transmisión de impulsos dolorosos; también participan en este efecto otros transmisores inhibitorios, como el GABA y la **serotonina**. Así mismo, el bloqueo del dolor también incluye liberación de endorfinas hipofisarias y bloqueos en la formación reticular y el tálamo. Así, el mecanismo de puerta de control o compuerta, puede evitar que los estímulos dolorosos del abdomen (dolor quirúrgico rápido o visceral lento) lleguen al cerebro, aplicando estimulación vigorosa de alta frecuencia en el punto maestro del abdomen superior, St 36, el cual influye directamente en varios segmentos espinales. Además, se ha demostrado que los impulsos nerviosos que llegan al tálamo por la estimulación con acupuntura, inhiben los estímulos del dolor a nivel del núcleo centrolateral y **parafascicular** del tálamo. Estos impulsos de dolor, sólo se pueden bloquear con morfina, endorfinas y la acción de la acupuntura en fibras sensoriales de ciertos puntos superficiales.

En conclusión, parece ser que la estimulación de las fibras sensoriales altera el tipo de señales que van de la zona dolorosa al cerebro, vía cordón espinal. Es importante señalar, que uno de los puntos más notables de esta teoría de la alteración de las señales enviadas



al cerebro, se basa en la relación de los segmentos vertebrales que reciben los impulsos de dolor en un órgano y en su correspondiente dolor referido. Esto indica que los estímulos sensoriales producidos por la aguja de acupuntura a nivel de un **dermatoma hiperestésico**, entran en la médula al mismo nivel o cerca de la entrada de las fibras nerviosas que provienen de la viscera en cuestión. Por tanto, es necesario mencionar que una de las terapias veterinarias más exitosas, es la del Dr. Kothbauer, basada en la estimulación de los puntos dolorosos de referencia, que en acupuntura reciben el nombre de *puntos diagnóstico* y *puntos disparo*. No sólo se alivia el dolor, sino que se ajustan los parámetros funcionales del órgano. Esto último, puede ser causa de un efecto nervioso puro o de un efecto que incluye modificaciones hormonales y quizás el sistema endócrino difuso, que sería el eslabón entre el sistema nervioso y el endócrino. También se encuentran mecanismos químicos humores en el fenómeno acupuntural, por ejemplo si a un conejo se le insertan agujas, su **umbral de dolor** sube; luego, si se toma sangre de este conejo y trasfunde a otro no acupunturizado, el umbral del dolor también sube en el último. Igual sucede si se toma **líquido cefalorraquídeo** de un animal acupunturizado y se pasa a otro no acupunturizado. Esto prueba que hay elementos químicos en el proceso.

La naturaleza de los transmisores químicos es desconocida; pero los trabajos de Bruce Pomeranz y cols., indican que las endorfinas tienen una función preponderante. Son **péptidos cerebrales** que actúan a nivel central y bloquean los **receptores opiáceos** de las células cerebrales (ver figuras 3.1.3 y 3.1.4); con esto, disminuye la percepción del dolor y se produce el efecto analgésico, ya que se ha demostrado que su concentración aumenta notablemente cuando se estimula con acupuntura.

Las endorfinas originadas en hipófisis y cerebro medio han sido estudiadas además

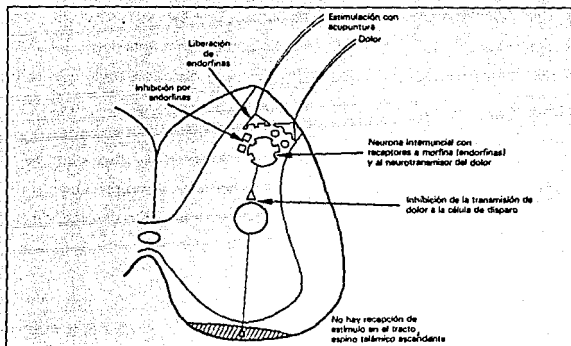


Fig. 3.1.3 Representación del trayecto del dolor bloqueado por la Encefalina

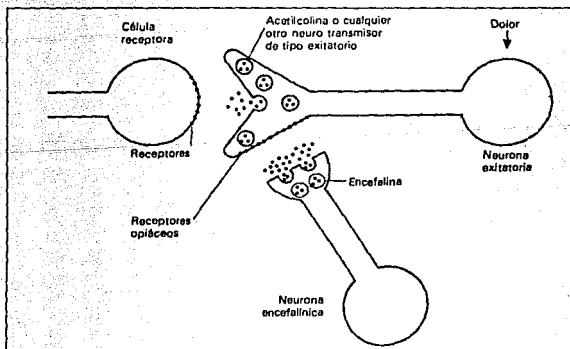


Fig. 3.1.4 Mecanismo mediante el cual posiblemente las Encefalinas y Endorfinas bloquean el dolor.

de en China, por los doctores Pomeranz en Canadá, Lara Terenius en Suecia, y Chapmen y Meyer en Estados Unidos. Los hallazgos han contribuido a fortalecer la credibilidad en esta ciencia milenaria. En Sri Lanka, Wilfredo Perera ha demostrado que se pueden aumentar los niveles de endorfinas con acupuntura para lograr partos sin dolor.

En todas las explicaciones del mecanismo de acción de la acupuntura se incluye, además de la inhibición del dolor, una respuesta hormonal y una respuesta general del sistema nervioso autónomo. Este último, parece causar una gran cantidad de efectos a través de un **reflejo somático-autonómico** propuesto.

La acupuntura es una terapia sencilla, eficaz y económica. Su base científica está aclarándose ante el avance de la investigación moderna. Por otra parte, su efectividad en la clínica es innegable. Por tanto, hay multitud de razones para emplearla en la práctica diaria, ya sea sola o como un suplemento a las deficiencias de la medicina moderna.

### 3.2 Existencia de los Acupuntos

A principios del siglo XX el doctor Weihe, sin conocer la acupuntura señaló una serie de puntos con fines terapéuticos; la mayoría coinciden con los puntos chinos. El profesor soviético de neurología, I.A Raldosky, luego de aplicar el método de percusión de los **tegumentos**, aisló una serie de puntos dolorosos y zonas que corresponden a diferentes enfermedades, los cuales también coinciden con los puntos chinos. El clínico japonés Onadera, a su vez, encontró que presionando una serie de puntos dolorosos (en forma de masaje), se lograban curaciones notables. Estos puntos coinciden en su mayoría con los puntos chinos de alarma.

Los tres ejemplos anteriores, manifiestan la posibilidad de existencia de los acupuntos. En la actualidad, se puede afirmar que su presencia está comprobada, aunque no todos los autores concuerdan, pues se ha demostrado que histológicamente tienen una estructura propia caracterizada por un adelgazamiento del **epitelio** debido a una modificación de las fibras de **colágena** de la **dermis**. Esta modificación, según Niboyet, explica porqué son palpables como una depresión (*Shuó*) formada por músculos, tendones, huesos o simplemente la piel.

Por otra parte, los acupuntos presentan redes espirales **vasculares**, rodeadas por una compleja red de fibras nerviosas **amielínicas** de tipo **colinérgico**. Los exámenes microscópicos muestran también una densificación de la colágena en dichos puntos.

Aparte de estas características histológicas, resulta interesante que todos los puntos

de acupuntura corresponden a áreas de baja resistencia a la conducción eléctrica, es decir presentan mayor permeabilidad al paso de la corriente.

A.A.Mariano y R.O.Becker estudiaron las propiedades eléctricas de 100 acupuntos, encontrando que de esos 100, 76 presentaban un incremento significativo en la conductancia respecto a las áreas circundantes; descubrieron también, que en zonas donde los puntos se encontraban más cercanos entre sí, el área de alta conductancia era pequeña mientras que, en puntos más separados unos de otros, el área de alta conductancia era relativamente más grande (reportado en *IEEE Trans.Biomedical Eng.* 533,1975). Estos hallazgos sirvieron de base para fundamentar la teoría de que los acupuntos trabajan como repetidores de señal dentro del sistema de transmisión formado por los meridianos, como ya se mencionó.

Años antes, a principios de los 60's, el doctor Wolfgang Joechle realizó investigaciones para localizar puntos de acupuntura en animales utilizando un instrumento diseñado para registrar cambios en la conductancia eléctrica de la piel humana, dicha investigación desembocó en el inesperado descubrimiento de un sistema de líneas de alta conductancia sobre el cuerpo del animal (a nivel de la piel), localizadas topográficamente de manera muy similar en todas las especies estudiadas (vaca, caballo, cerdo, asno y perro). Dichas líneas fueron detectables en todas las pruebas realizadas, incluso sin aplicar ningún voltaje al organismo.

En Francia, también se han realizado investigaciones tendientes a corroborar la existencia de acupuntos en animales, como es el caso del profesor Rabishong, de la Universidad de Montpellier quien encontró que en la piel del conejo, existe una serie de puntos que se caracterizan por su riqueza en fibras mioelínicas.

Por lo que se refiere a los acupuntos localizados en la oreja, también se han hecho pruebas para comprobar su existencia. Es sorprendente notar que el punto de partida de la inervación y vascularización del pabellón auricular, dada su disposición radial, coincide con el punto propuesto por Nogier como centro del organismo, en su teoría del homúnculo (Fig. 3.2.1). Dicho punto es la cruz del hélix.

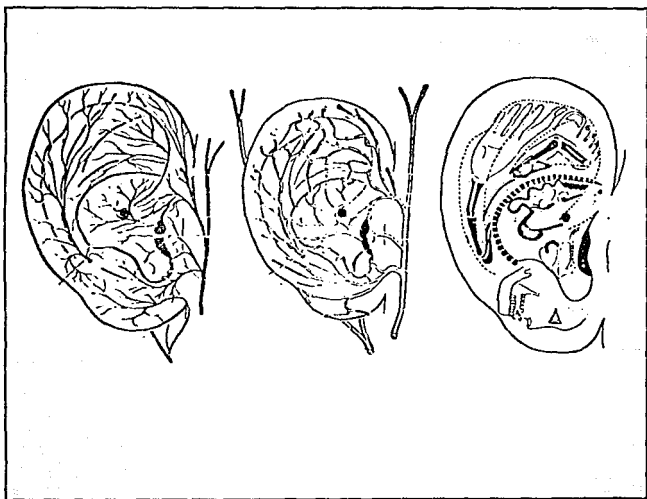


Fig. 3.2.1 Localización de la Cruz del Hélix en el diagrama de (a) Inervación, (b) vascularización de la cara lateral de la Oreja y (c) en la representación somatotópica y visceral de la Oreja.

Los puntos de acupuntura también son perceptibles por el fenómeno de "Luminosidad Biológica" cuando se estudian mediante el efecto de la fotografía de radiación de alta frecuencia (**fotografía Kirlian**) o por medio de diferencias biológicas, como un aumento en el consumo de oxígeno.

La acción de los puntos de acupuntura a distancia y en la profundidad orgánica puede hacerse evidente mediante la termografía antes, durante y después de la inserción de las agujas, observando cómo ciertos puntos actúan en órganos y vísceras u otras partes de manera selectiva.

### 3.3 Principios Tradicionales para la Selección de Acupuntos

En la selección de los acupuntos, se utilizan los siguientes principios:

1. Todos los puntos de acupuntura tratan las enfermedades que ocurren a lo largo del canal al que pertenecen, así como las enfermedades del órgano interno correspondiente y los tejidos que se relacionan. Este es el principio más importante.

Como corolario, los puntos de un canal tratan también los trastornos del canal interior-exterior relacionado y de su órgano correspondiente.

2. Todos los puntos de acupuntura tratan enfermedades en las áreas locales y adyacentes, este es uno de los principios claves en la práctica de la terapia acupuntural; así, es la primera consideración que debe regir la elección de los puntos de cada enfermedad particular.

3. La estimulación de los acupuntos tiene un efecto fisiológico y psicológico específico. Modernos estudios clínicos y de laboratorio han confirmado que la punción con agujas produce los siguientes efectos:

#### a) Analgesia

Se ha demostrado que la analgesia ocurre con la punción, debido a que ésta eleva el umbral del dolor. El dolor es el primer síntoma de muchos trastornos y la primera meta es tratar la condición implícita. El siguiente paso es aliviar el síntoma. Sin embargo, en



algunos casos, como en la **neuralgia del trigémino**, del **herpes zoster** o del dolor fantasma de las extremidades, el dolor es la enfermedad en sí.

La acupuntura ha resultado ser un método excelente para aliviar el dolor y cada vez se emplea más como complemento de la analgesia quirúrgica.

#### b) Sedación

La aplicación de las agujas en puntos específicos origina sedación. Se ha comprobado que durante el tiempo que las agujas están puestas, el electroencefalograma del individuo muestra un descenso en la actividad de las **ondas delta** y **theta**. Este efecto, se utiliza en el tratamiento del insomnio, estados de ansiedad, tabaquismo, alcoholismo y drogadicción, problemas de comportamiento y ciertos cuadros **epileptoides**.

#### c) Homeostasia

El efecto homeostático o regulador consiste en un reajuste interno del equilibrio de las distintas funciones del organismo, actuando sobre los sistemas nerviosos simpático y parasimpático que normalmente regulan la homeostasia en combinación con el sistema endocrino. Además, hay mecanismos para la regulación de funciones como el latido del corazón, el ritmo de la respiración, la presión sanguínea, la excreción urinaria, la sudoración, la temperatura corporal, el sueño, el apetito, el tono muscular, el **equilibrio iónico** de la sangre, el movimiento gastrointestinal, el equilibrio endocrino y muchos otros parámetros vitales que están en delicado equilibrio y que se intercomunican a través del sistema nervioso o de los transmisores químicos.

#### d) Mejoramiento de los mecanismos de inmunización

Se ha demostrado que ciertos puntos tienen efectos específicos en la estimulación de los mecanismos de defensa del cuerpo. Es probable que esto se deba al aumento de anticuerpos, así como a una leucocitosis, fenómenos quizás ocasionados por la reactivación del sistema reticuloendotelial. Por esto, la acupuntura resulta efectiva en el tratamiento de ciertas infecciones.

#### e) Efecto psicológico

Además del efecto de sedación se ha encontrado el efecto tranquilizante y calmante a la vez sobre las formaciones reticulares. Esto parece deberse a una acción en el cerebro medio. También se han reportado cambios en el metabolismo de las células cerebrales, así como aumento de la dopamina en el cerebro después de tratamiento por acupuntura. Esto podría explicar la mejoría de algunos trastornos mentales y ciertos casos de parkinsonismo, en que el contenido de dopamina ha disminuido.

No se debe confundir el mencionado efecto psicológico con la hipnosis ni con la autosugestión, ya que aparece después del tratamiento; tampoco debe considerarse como un precondicionamiento. Tanto la hipnosis como la sugestión, son muy diferentes de la acupuntura en muchos aspectos. La hipnosis sólo actúa en 10 a 14 % de la población, mientras que la analgesia por acupuntura funciona en todos los animales y humanos, aunque pueden reconocerse distintos grados. El efecto acupuntural no tiene relación alguna con el grado de sugestionabilidad ni de hipnosis. La anestesia por hipnosis requiere entrenamiento del sujeto, mientras que se puede realizar una operación quirúrgica de urgencia con analgesia acupuntural. El paciente hipnotizado obedece como un robot, mientras que el sujeto durante el tratamiento por acupuntura se comporta en forma natural en gestos expresiones y movimientos. También se ha observado que la inyección de

anestesia local (**procaína**) en los puntos de acupuntura nulifica el efecto acupuntural.

#### f) Efecto motor

#### 4. Estimulación de los puntos *Ah-Shi* o puntos desencadenantes

Algunos acupuntos se vuelven más sensibles durante la enfermedad y pueden actuar como "desencadenantes", estos se denominan puntos *Ah-Shi*, que en chino significa "Oh sí", que es la respuesta del paciente cuando el acupunturista utiliza un punto sensible.

Hay otro grupo de puntos desencadenantes que aparecen si hay trastornos como la neuralgia del trigémino. Al contrario de los puntos sensibles que originan un dolor localizado los puntos *Ah-shi* pueden indicar un dolor sentido en otra parte.

#### 5. Estimulación de los "puntos alarma"

Cuando hay una enfermedad en un órgano aumenta la sensibilidad y el dolor a la palpación en el acupunto correspondiente, se trata de "puntos alarma"; se llaman así, porque avisan la presencia o la aparición inminente de un trastorno en el órgano relacionado. Cuando la enfermedad cede, la sensibilidad desaparece en ese punto. Se usan en el diagnóstico, pronóstico y terapia.

#### 6. Uso de puntos sintomáticos o recetas

Las combinaciones de puntos específicos alivian los síntomas de ciertas enfermedades. Algunas se han empleado desde tiempos antiguos para el tratamiento de trastornos habituales como son: tos, constipación, diarrea y fiebre.

## ESTA TESIS NO DEBE SALIR DE LA BIBLIOTECA.

### 7. Uso de los puntos de cualquier lado del cuerpo para el tratamiento de enfermedades

Una enfermedad en un lado del cuerpo se puede tratar por medio de los acupuntos de cualquier lado (izquierdo o derecho). De acuerdo con la neurología, las actividades de ambos lados del cuerpo están coordinadas por el **cuerpo caloso** y en todos los niveles inferiores; en **bulbo raquídeo** y médula espinal hay conexiones compuestas de segmentos. Este principio es útil cuando es imposible puncionar una extremidad debido a la presencia de una enfermedad cutánea, ulceración, hinchazón, enfermedad de **Buerger** o várices, o porque el paciente ha perdido el miembro; en estos casos la auriculoterapia es de gran utilidad ya que se pueden usar tanto los puntos de las orejas como los de la extremidad opuesta. Si la acción de la acupuntura se debe a mecanismos humorales como las endorfinas, entonces no importa el lado de la terapia.

# THE HISTORY OF THE CITY OF BOSTON

### 3.4 Métodos para la selección de acupuntos

La selección de los puntos de inserción, debe basarse en uno o más de los diferentes métodos clínicos que a continuación se ennumeran : 1) método clásico; 2) teorías de la medicina tradicional china; 3) medicina moderna; 4) puntos descubiertos en fecha reciente; 5) puntos eléctricamente activos. Los primeros dos métodos reúnen toda la acupuntura china tradicional.

#### 1. Método clásico

Significa la elección de puntos clave o la combinación de puntos, que a lo largo de generaciones sucesivas de médicos, han probado su eficacia para combatir enfermedades. Este método resulta un medio eficaz de tratamiento una vez que aparecen los síntomas externos de una enfermedad. Se apoya en el uso de cartas y mapas de acupuntos.

#### 2. Según las teorías de la medicina tradicional china

Aunque aparentemente opuesta al primer método, la elección de los puntos según las teorías tradicionales se basa en la reglamentación exacta de la energía vital (*Qi*) que circula por los canales (*Jing-Luo*). El examen cuidadoso del pulso del paciente es parte imprescindible del estudio, ya que revela el desequilibrio de la energía. Si bien se usan otros procedimientos de diagnóstico, como palpación y observación atenta de los signos exteriores, el diagnóstico por el pulso se considera el más importante. Con este método, un médico con experiencia es capaz de detectar una enfermedad antes que se manifieste

en forma clínica. Debido a lo anterior, la medicina en la China antigua se orientó hacia la prevención de las enfermedades.

Desafortunadamente, el diagnóstico por el pulso es un arte subjetivo muy difícil, y en la actualidad, sólo hay unos cuantos médicos capacitados en su práctica. Con la aparición de la "acupuntura científica", el diagnóstico por medio del pulso se emplea rara vez en la China moderna.

### 3. Según la medicina moderna

En este caso, Se emplean aquellos acupuntos cuyo valor analgésico, sedante, inmunoestimulante, etc, ha sido confirmado por estudios clínicos y de laboratorio. Aquí se lleva a cabo la aplicación directa del principio de prescripciones y recetas.

### 4. Según los puntos descubiertos recientemente

Se aplican los puntos descubiertos recientemente con efectos específicos; por ejemplo los llamados *Neima* y *Weima* (puntos no numerados llamados "Extra"), usados para lograr analgesia en cirugía **perineal** y abdominal.

### 5. Según los puntos eléctricamente activos

La selección de los puntos eléctricamente activos se basa en el hecho de que un acupunto es un área de baja resistencia eléctrica en la piel.

Cuando se presenta un desorden o un desequilibrio en el organismo, la resistencia a la conducción eléctrica en el punto de acupuntura es más baja que la que comunmente presenta. Esto se detecta con facilidad por medio de un instrumento apropiado

(acupuntoscopia); así, se puede localizar el punto requerido y registrar el progreso de la terapia, ya que la resistencia de la piel en el punto referido, recupera sus niveles normales si la terapia ha surtido efecto.

Tradicionalmente, dentro de la auriculoterapia la metodología que se sigue para la localización de acupuntos se basa en la búsqueda de puntos dolorosos sensibles a la presión; esto es, con ayuda de un pequeño instrumento punzante con punta redondeada, por ejemplo un lápiz, un bolígrafo, o un "detector" de acupuntos (una barra de cobre similar a un gancho de tejer), se realiza siguiendo un mapa de acupuntos auriculares, el barrido de toda la superficie de la oreja, tratando de aplicar la "misma" presión en todos los puntos hasta encontrar el punto doloroso que es el que determina la zona donde la enfermedad se manifiesta. Ciertamente, el método es sencillo y hasta hoy ha funcionado, pero tiene una serie de desventajas:

1. Únicamente se fundamenta en las reacciones subjetivas del paciente.
2. La comparación de sensibilidad de un punto a otro y la evaluación del grado o intensidad de dolor resultan molestas tanto para el paciente como para el clínico.
3. La auscultación, si se lleva a cabo meticulosamente es muy larga.

Por todo lo anteriormente expuesto, la detección electrónica se muestra como una alternativa muy atractiva.

- Básicamente objetiva, no depende ni de la apreciación subjetiva del paciente, ni del clínico. El paciente quien sufre directamente los efectos de la enfermedad, se encuentra más cómodo al no tener que participar en la "comparación de sensaciones" en los puntos.



- La información dada por este mecanismo es instantánea, de manera que la búsqueda puede hacerse de manera más rápida. Esta ventaja resulta en un ahorro de tiempo y es más conveniente y más segura.

J.E.H. Niboyet a través de los trabajos realizados sobre características eléctricas de puntos fue pionero en este tipo de investigaciones y es a partir de ellas que se desarrollan una serie de instrumentos para detectar, de manera electrónica, acupuntos en piel a nivel cuerpo. Por otro lado, poco se ha incursionado en la detección electrónica de puntos auriculares. Después de algún tiempo se han definido ciertos parámetros que dan origen a fallas en la detección electrónica y que han complicado la difusión de su aplicación, por ejemplo:

1. Como se basan en la medición de la resistencia eléctrica de la piel, solamente pueden trabajar con el paso de corriente eléctrica sobre ella. Esta corriente, usualmente alta, provoca perturbaciones locales y generales, que se confunden con sensaciones de dolor propias de la enfermedad, por lo cual, no se puede hablar de una detección confiable.

Este fenómeno se presenta comunmente cuando la detección se realiza aplicando corriente alterna.

2. En la mayoría de los detectores los indicadores de agujas o señales luminosas, se encuentran distantes de la vista del clínico, lo que imposibilita que se atienda de manera simultánea la indicación de presencia de un punto y su localización física sobre la oreja del paciente.

3. La aplicación del electrodo de detección, generalmente presenta un "falso contacto" con la piel, mismo que se traduce en una detección irregular.

4. La selectividad de estos instrumentos es realmente pobre en la mayoría de los casos, o en su defecto resulta de difícil manejo. En la práctica, esto significa que para cada punto debe ajustarse el nivel de sensibilidad requerido y la supuesta ventaja de ahorro de tiempo se nulifica por completo.

Estas desventajas no implican que la detección electrónica sea poco práctica o inoperante, sino que nos llevan a buscar el desarrollo de aparatos que verdaderamente simplifiquen la tarea de la detección de acupuntos.

Por lo que se refiere a la auriculopuntura veterinaria, y tomando en cuenta que su desarrollo se ha fundamentado en la traslación del conocimiento acupuntural en humanos hacia los animales, los métodos expuestos para la selección de acupuntos son totalmente aplicables en animales, pero cabe destacar que en este campo tiene aún mayor trascendencia la detección electrónica, pues es evidente que en este caso no se cuenta con la apreciación subjetiva del paciente tratado.



### 3.5 Caracterización eléctrica de la región auricular en las especies citadas

#### Humano

Dado que en incisos anteriores se han mencionado diferentes estructuras de la oreja, es conveniente en este punto presentar brevemente su anatomía. En la figura 3.5.1 se muestra una carta estandarizada con la representación estructural de las superficies localizadas en el **pabellón auricular**.

La mayoría de las descripciones de las diferentes regiones de la oreja se referirán a la superficie anterior o frontal. La parte posterior o trasera de la oreja, se muestra en la parte inferior derecha de la misma figura. Tanto para la superficie anterior como posterior se utilizan los mismos términos para indicar las fronteras de la oreja. La frontera media o interna es la parte que se une a la cara y opuesta a ella se encuentra la frontera lateral o exterior. La frontera superior, en la parte más alta de la oreja, se denomina frontera dorsal o superior. La frontera localizada en la parte más baja de la oreja se conoce como frontera baja, **ventral** o inferior. Los términos anterior a posterior, medio a lateral, y **dorsal** a ventral, se utilizan para delinear los aspectos tridimensionales de la oreja.

La cresta exterior circular se denomina hélix y pueden distinguirse en ella tres divisiones, la raíz o cruz de la hélix, que comienza en el centro de la oreja y sigue un camino curvo en dirección medio a dorsal a lo largo de la cima del hélix, bajando hacia el tallo del hélix. La raíz y la cima del hélix tienen una superficie interna prominente denominada **borde interno del hélix**.

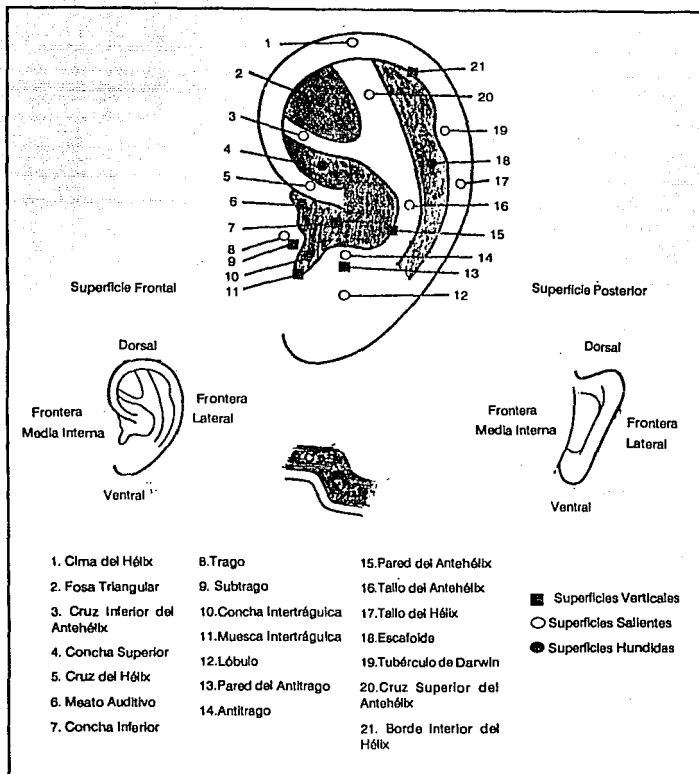


Fig. 3.5.1 Representación estructural de la oreja humana

Entre las fronteras del hélix existe otra cresta denominada antehélix (literalmente opuesto al helix). El antehélix semeja una "Y" y en su estructura se distinguen tres divisiones básicas. La rama alta o cruz superior del antehélix, la rama baja o cruz inferior del antehélix y el tallo del antehélix, donde se unen ambas ramas.

La depresión ubicada entre hélix y la longitud mayor del antehélix se denomina escafoide. Separando la cruz superior de la cruz inferior del antehélix se encuentra otra depresión denominada fosa triangular o navicular. La porción más profunda de la oreja se llama concha y se divide en dos partes, la superior o concha cymba que se encuentra sobre la raíz del hélix y la baja o cavuum concha que envuelve la parte central de la oreja. A la entrada del oído medio o canal auditivo se ubica la concha inferior.

Sobre el canal auditivo se encuentra una pequeña superficie en forma de pétalo llamada trago y opuesta a ella se ubica el antitrago. La muesca intertraguica separa ambas regiones. Por debajo del trago se localiza una superficie oculta denominada subtrago, mientras que la pared del antitrago se ubica verticalmente debajo de la superficie del antitrago. La pared del antehélix es otra superficie vertical que se localiza a lo largo del perímetro externo de la concha. Inicia en el piso de la concha y sube por el antehélix. La porción más ventral del oído es la única superficie no cartilaginosa y se denomina lóbulo o lóbulo auricular.

#### Animales

Por lo que refiere a las descripciones anatómicas de las orejas de las especies animales a tratar (vaca, cerdo, caballo y perro), se presentan únicamente los diagramas correspondientes, para enfatizar las diferencias existentes entre ellas y la oreja humana.

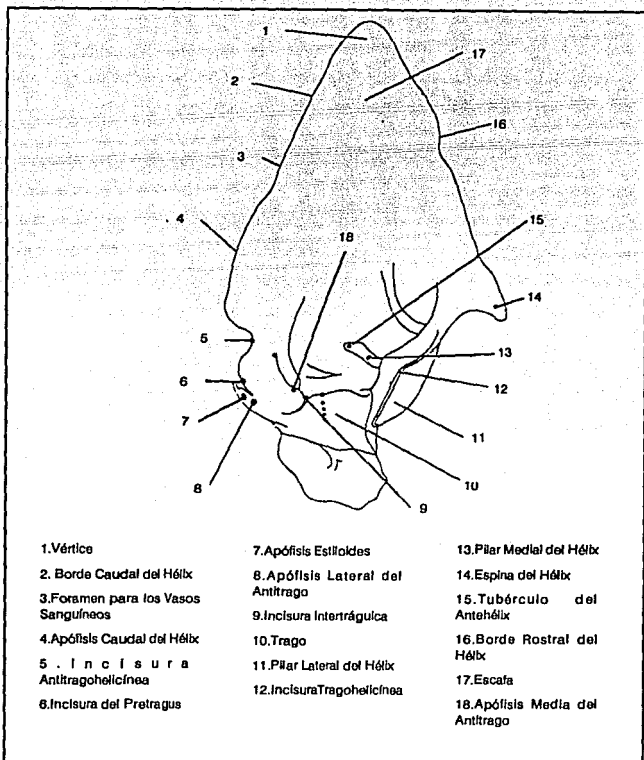
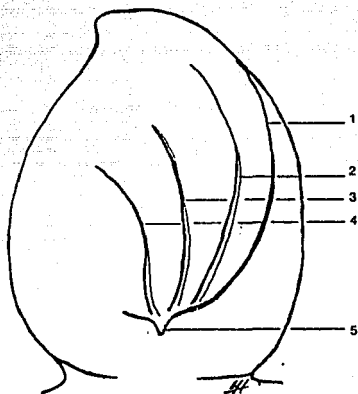


Fig. 3.5.2 Representación estructural de la oreja de la vaca



- 1.Espina del Hélix
- 2.Pliegue Rostral
- 3.Pliegue Intermedio
- 4.Pliegue Caudal
- 5.Muesca Intertrágica

Fig. 3.5.3 Representación estructural de la oreja del cerdo



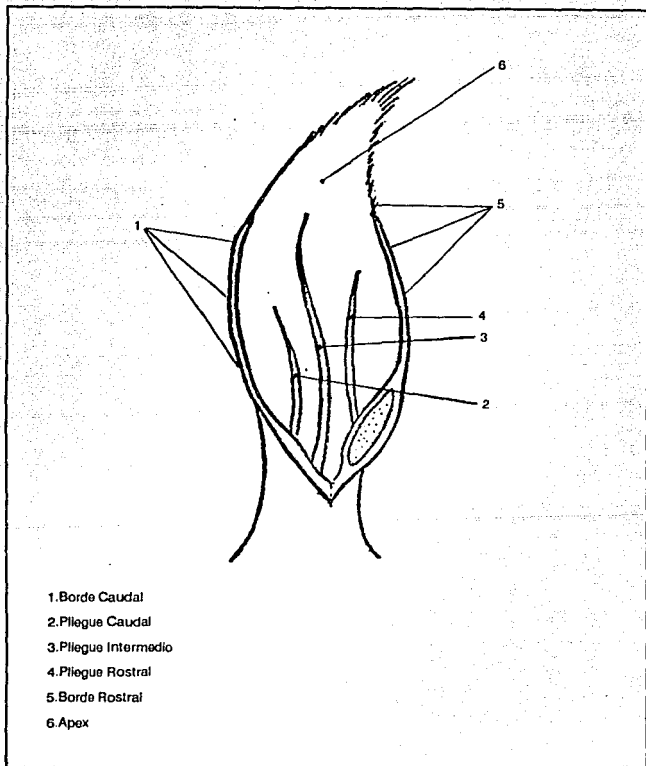


Fig. 3.5.4 Representación estructural de la oreja del Caballo

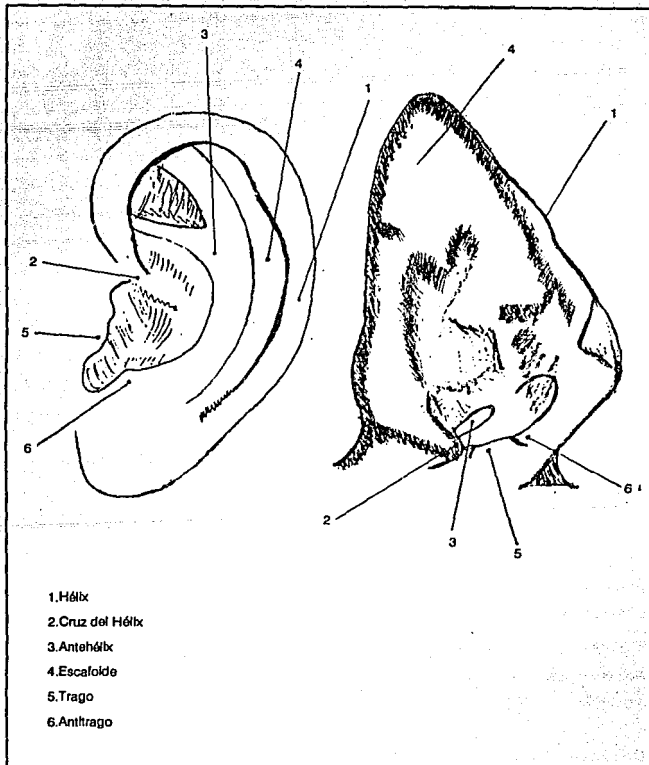


Fig. 3.5.5 Comparación estructural de la oreja del perro con la oreja humana

## Piel

La oreja humana se halla cubierta de piel que contiene vellosidades y glándulas de asociación. Sobre la superficie anterior, las glándulas sebáceas son numerosas y la vellosidad disminuye hacia el **meato auditivo** externo. El tejido dérmico es típico y contiene estructuras de sostén compuestas de cartilago hialino o elástico.

Al presentarse tejido dérmico típico en la oreja, es decir que la piel que la recubre es similar a aquella que cubre otras zonas del cuerpo, es de utilidad analizar la estructura anatómica del tejido dérmico, para alcanzar un mejor entendimiento de los fenómenos galvánicos que tienen lugar en ella.

Histológicamente, la piel está dividida en tres capas; la más superficial es la **epidermis**, en seguida se encuentra la **dermis** o **corium** y por último está el tejido subcutáneo o **hipodermis**.

La epidermis está compuesta de distintas capas que comprenden la cubierta externa del organismo. No obstante, las cantidades relativas de dichas capas varían según la región del cuerpo. La capa más basal se denomina **estrato germinativo**. Esta capa varía de espesor de uno a doce estratos celulares. Esta zona después se divide en dos estratos. El que descansa sobre la **membrana basal** se llama estrato basal o cilíndrico. Un **estrato espinoso** o **capa parabasal** está localizado periféricamente a la capa basal. El estrato germinativo es de espesor variable, por lo común es grueso en las áreas sin pelo, como son las palmas y plantas (de 0.4 a 0.7 mm) y delgado en las regiones con pelo (0.02 a 0.04 mm).

Otras capas localizadas en la epidermis son: el **estrato granuloso** o capa intermedia,

el estrato lúcido y por último el estrato superficial córneo.

La dermis está separada de la epidermis por una membrana basal típica. En ella se describen dos zonas, un área papilar y una reticular. El tejido linfático, glándulas y músculo liso también están en la dermis.

La piel (epidermis y dermis) descansa sobre la hipodermis o capa subcutánea de tejido conjuntivo que puede contener gran cantidad de tejido adiposo. (Ver figura 3.5.6)

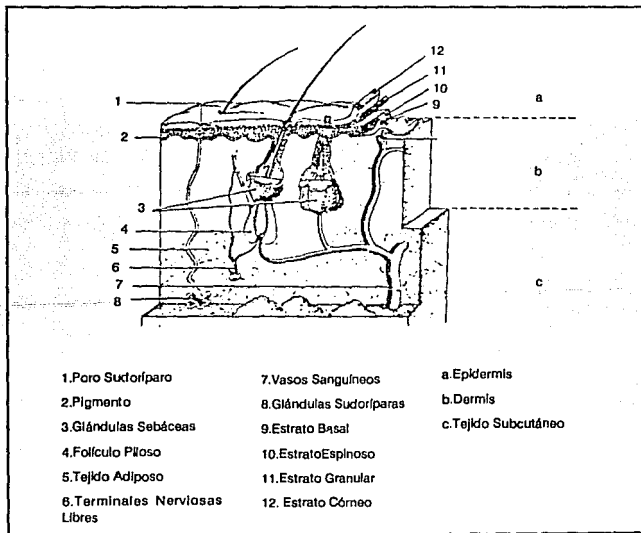


Fig. 3.5.6 Anatomía de la Piel

Tanto la piel cubierta con pelo, como la desprovista de él contiene una amplia variedad de receptores para detectar los estímulos mecánicos, térmicos o dolorosos aplicados a la superficie corporal. A causa de la dificultad para visualizar estos receptores y para estimular un receptor individual aislado, la identificación de la función de los diferentes tipos de receptores es todavía especulativa en muchos casos.

La piel cubierta y desprovista de pelo posee tres tipos de receptores en común: los corpúsculos de Pacini (laminados), los discos de Merkel y las terminaciones nerviosas libres.

Desde el punto de vista histológico, no existe diferencia entre la piel humana y la piel de los animales (cabe recordar que el hombre es un mamífero). El tegumento de los mamíferos consiste en forma mínima de una epidermis y una dermis, su distribución no es uniforme en toda la superficie corporal. Las variaciones regionales relacionadas con la cantidad y tipo de pelaje, distribución y tipo de glándulas y el grosor de la piel, son adaptaciones funcionales que proveen al cuerpo de un equilibrio ideal con su ambiente externo y va en función de la especie de la que se trate.

La oreja o pinna, al igual que en el hombre, se encuentra cubierta de tejido dérmico típico. La pinna es la "antena" del aparato auditivo. En la mayor parte de las especies sirve como ubicadora direccional.

### 3.5.1 Factores Bioquímicos

Mientras que la epidermis se caracteriza por un conjunto de células muertas, la dermis es una estructura de tejidos conectivos y elásticos compuestos de células vivas. Este conjunto de células se encuentra alimentado por un rico **sistema vascular** que penetra hasta las capas más superficiales de la piel, en donde se ubican **redes capilares y papilas**. En la dermis se encuentran también terminaciones nerviosas, órganos sensitivos, fibras musculares y glándulas.

El sistema vascular de la dermis está integrado por arterias y **plexos venosos** ubicados en su parte más baja. En adición al plexo venoso, existe una derivación arteria-vena (**anastomosis**), que si se abre puede suministrar flujo sanguíneo a las capas superiores y regular las pérdidas de calor sufridas en la piel. Asociado al sistema vascular, existe una red capilar y un **sistema linfático** de drenaje.

Ya que en la dermis se presenta una gran transferencia de líquidos y electrolitos, se considera a esta región, por la naturaleza de los fluidos que contiene, como una zona de alta conductividad eléctrica.

El sudor es el fluido más diluido de todos los conocidos en animales. Es aproximadamente 99 % de agua, y el 1 % restante contiene una gran variedad de sustancias. La composición del sudor humano fue descrito por Whitehouse (1935) y sus datos se presentan en la tabla 3.5.1.1. Para propósitos de contacto eléctrico sobre la piel, el sudor se considera como una solución salina, cuya concentración promedio fluctúa entre 0.1 % y 0.6 %.

Sustancia	Cantidad (g %)
Agua	99.742 - 99.221
Sólidos	0.258 - 0.779
Sólidos Orgánicos	0.030 - 0.290
Desechos	0.144 - 0.566
Clorina	0.059 - 0.346
Acido Láctico	Alrededor de 0.070
Sulfato	" 0.004
Sodio	" 0.150
Potasio	" 0.017
Urea	" 0.030
Azúcar	" 0.004

Tabla 3.5.1.1 Composición del sudor del humano

La superficie de la piel se encuentra también lubricada por secreciones grasosas, producidas por las **glándulas sebáceas**. Estas secreciones yacen sobre una capa de células muertas, la cual da a la piel su alta resistencia característica.

Existen otros factores bioquímicos relacionados con la transmisión de impulsos de los órganos sensitivos ubicados en la piel, y que se estudian a nivel de sistema nervioso central. Para nuestros propósitos, todos estos factores que pueden modificar el valor de resistividad, serán considerados como mínimos, ya que el medio de evaluación que buscamos es de tipo no invasivo, con lo que establecemos que la única alteración presente es la ocasionada por la presión que se ejerce sobre el acupunto al momento de la medición y que, según reportes relacionados con estudios de **respuesta resistiva de la piel** (tratada brevemente en el siguiente inciso), tiene una aportación pequeña en comparación con los altos valores de resistencia observados en la piel.

Un hecho que es importante remarcar, y que se define con mayor detalle en la parte correspondiente a electrodos (4.2), se refiere a la necesidad de remover del pabellón auricular acumulaciones salinas y grasosas para conseguir, en la medida de lo posible, un mínimo de perturbaciones en la medición.

Algunos de los métodos de remoción de soluciones salinas y grasosas recomendados incluyen el uso de alcohol de 95<sup>o</sup> como limpiador y en otros casos la aplicación de talco.





### 3.5.2 Conductividad

Las primeras observaciones de potenciales bio-eléctricos fueron realizadas por Galvani en 1792. Él descubrió que en tejido dañado se generaban corrientes eléctricas y un pequeño potencial de DC. Sus investigaciones marcaron la pauta para una sucesión de experimentos cuyo foco de atención se concentró en la actividad eléctrica a nivel nervioso.

En la piel, ante la presencia de un estímulo, se suscitan dos fenómenos de tipo eléctrico; el primero, producido por una respuesta **exosomática**, es un cambio en la resistencia (o su recíproco, conductancia) y fue descubierto por Féré (1888); el segundo, descrito por Tarchanoff en 1890, es un cambio de potencial y se atribuye a una respuesta **endosomática**.

Si bien no se ha establecido un criterio general sobre la naturaleza de éstos fenómenos, lo que es evidente es que el tejido dérmico posee una serie de características eléctricas que permiten el paso de corrientes y la manifestación de potenciales bio-eléctricos.

El circuito eléctrico equivalente de la piel (figura 3.5.1), utilizado para explicar lo que se denomina fenómeno electrodérmico, ha sido simplificado para mostrarse como una resistencia  $R_{sc}$  (para el estrato corneum) y un capacitor  $C_{sc}$  en el cual el estrato corneum y las membranas subyacentes representan al supuesto dieléctrico, y las dos "placas" están constituidas por el electrodo usado para la medición y los tejidos conductivos de la piel y fluidos. La magnitud de  $R_{sc}$  es función de la secreción experimentada por la piel. La resistencia  $R$  representa a la resistencia de las membranas, cuya permeabilidad puede

modificarse durante la medición. Se incluye además un potencial  $E$  para representar a los cambios de voltaje que se producen como respuesta de la piel. El tejido subcutáneo y los fluidos se representan también por medio de elementos resistivos y capacitivos.

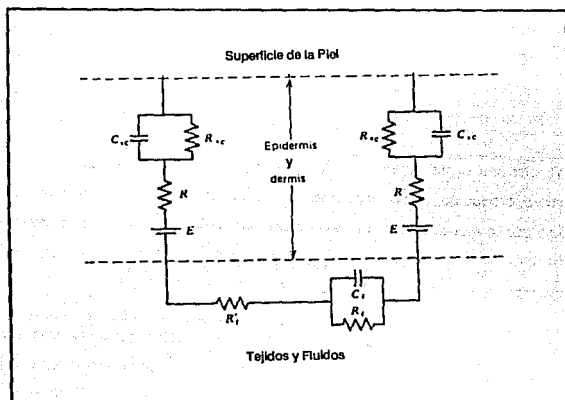


Fig. 3.5.2.1 Circuito eléctrico equivalente para la piel

Estamos concientes de la complejidad de los procesos bio-eléctricos que tienen lugar en la piel, sin embargo, con base en lo expuesto en capítulos anteriores respecto a las características de los puntos activos utilizados en la acupuntura (puntos de baja resistencia), y apoyadas en las investigaciones realizadas para comprobar su existencia, limitamos nuestro estudio a la determinación de la impedancia de la piel, aún cuando el hecho de colocar un electrodo para evaluar la resistencia desencadene una serie de reacciones a nivel bioquímico.

Existe una gran variedad de opiniones sobre las propiedades de la piel, si el área utilizada para la obtención de datos es relativamente pequeña, como en el caso de la acupuntura.

Muchos investigadores consideran que los puntos activos de la piel tienen un diámetro no mayor a 1 mm, una impedancia reducida y un potencial de DC negativo respecto al área circundante. Esta opinión puede ser aceptada o rechazada sólo después de realizar un número suficiente de pruebas en pacientes, aunque también es difícil determinar si el punto es activo o no. Se piensa que las capas subcutáneas son el tejido sensible al tratamiento y algunas veces la superficie de la piel puede reflejar las propiedades de las capas internas.

Presumiblemente, la banda de frecuencia potencial de la piel tiene los mismos límites que muchas señales eléctricas fisiológicas, de 0 a 100 Hz. El intervalo de amplitud es desconocido pero puede asumirse que no es menor de 10 microvolts ni mayor de 100 milivolts. Según reportes experimentales, la impedancia de los acupuntos en humanos, presenta valores que van desde Kilo-ohms hasta varios Mega-ohms, un intervalo de 10 Kilo-ohms a 5 Mega-ohms, propiamente dicho.

Datos esporádicos hablan de impedancias del orden de 70 Kilo-ohms para puntos activos en oreja de perro.



## **4. DESARROLLO DEL LOCALIZADOR DE ACUPUNTOS**

### **4.1 Normas de Seguridad para Equipo Biomédico**

Los aspectos relacionados con factores humanos en instrumentación médica involucran consideraciones explícitas de necesidades físicas y psicológicas de toda la gente que va a interactuar con el dispositivo. El grupo de personas involucradas puede ser variado, médicos, enfermeras, paramédicos, ingenieros biomédicos, técnicos, personal clínico y en ocasiones hasta el mismo paciente. De acuerdo con este planteamiento deben seguirse una serie de consideraciones para lograr dispositivos realmente funcionales para la sociedad a la cual están destinados a servir. Algunas de estas consideraciones pueden resumirse en los siguientes objetivos:

1. Diseñar un dispositivo o sistema tan eficiente como sea posible y consistente en sus capacidades con las demandas planteadas por los usuarios.
2. Desarrollar un equipo con el mayor grado de seguridad en relación con las entradas y respuestas captadas de humanos (extensible a animales) de manera que las limitaciones humanas o errores puedan ser reducidos, no resulten en perjuicio de alguno de los participantes, o dañen al equipo mismo.
- 3.- Minimizar el impacto físico y psicológico que produzca al sujeto interactuar con la operación del equipo o sistema.

#### 4.- Promover la aceptación del dispositivo o sistema.

Esta serie de consideraciones pueden resumirse en los términos "amigable al usuario" denominación comúnmente utilizada en sistemas de programación de computadoras (software) y que puede ser aplicada en la misma proporción para establecer la característica primordial que debe guardar cualquier dispositivo que esté destinado a interactuar con un humano.

Desde el punto de vista de un paciente el concepto podría modificarse por "sujeto amigable" y enfatizar que los sistemas y procedimientos médicos deben diseñarse de manera que eviten molestias al paciente y ofrezcan la minimización de riesgos físicos. Esta perspectiva de usuario (o sujeto) puede contrastar con el énfasis general de la ingeniería biomédica, el diseño de equipo médico y con la ingeniería clínica, que en ocasiones se encuentra más encaminada al desarrollo y aplicación de nuevas tecnologías que en integrar este conjunto de tecnologías con la gente que debe hacer uso de ellas. Por supuesto, este hecho es particularmente importante en el desarrollo de equipo, el cual no solamente debe ser técnicamente capaz de llevar a cabo la función para la que ha sido diseñado, sino también debe cumplir con los factores de confort humano requeridos.

Como puede observarse, existen niveles de aplicación para lograr una interacción efectiva con el paciente. El nivel básico es que el dispositivo o equipo debe cubrir plenamente el objetivo para el cual ha sido diseñado, y el siguiente nivel concierne al hecho de que para el equipo en cuestión todos los accesorios de los que pueda hacer uso deben ser de "fácil" acceso. En este punto, el equipo (hardware) debe tomar en cuenta el diseño de fuentes de alimentación, chasis, conexiones, electrodos, y todos aquellos elementos que contribuyan a definir su manejo y operación.

Físicamente un dispositivo debe ofrecer ventajas al usuario. Los despliegues o indicadores de salida deben diseñarse para una fácil legibilidad y comprensión bajo condiciones normales. El tamaño y la altura con respecto a la posición que guarde el usuario son puntos que debe observar el diseño. Así mismo el tipo de interruptores, botones o teclas y la disposición que guarden en el panel del instrumento deben conservar una organización lógica para su uso y dentro de las funciones que habilitan. Los controles deben etiquetarse debidamente y el diseñador debe definir claramente, el conjunto de valores de funcionamiento y su estado de operación. El uso de pictogramas sobre o cerca de los controles para indicar su función es de uso común, pero debe tenerse en mente que la obiedad de muchos pictogramas respecto a su significado es esencialmente subjetiva, especialmente cuando estos pictogramas son originales. Es recomendable usar diferentes tipos de controles para distintas funciones.

Uno de los aspectos más críticos que presenta el diseño de equipo médico es el que se refiere a la existencia potencial de errores durante la operación del dispositivo y la medida en que el equipo pueda reducirlos. Ante tal perspectiva, la instrumentación médica debe considerar nuevamente la vinculación que existe entre el instrumento y el operador y desarrollar equipo "técnicamente capaz" de realizar este vínculo. Técnicamente capaz significa que el equipo pueda ser manejado por una persona que no requiera habilidades "extraordinarias" para iniciar su funcionamiento, asumiendo que el dispositivo se encuentra libre de defectos de fabricación, y además pueda detectar posibles errores en la operación con base en su experiencia y reportar del hecho al fabricante del equipo. Es importante que el diseñador tenga en mente que tipo de errores pueden generarse, aunque esta previsión algunas veces va más allá del alcance científico.





#### **4.1.1 Estándares de diseño**

Dentro del ámbito del cuidado de la salud, es de gran importancia tener un total entendimiento del desarrollo, uso y modificaciones de estándares. Estos pueden ser clasificados según el aspecto o cualidad que esté bajo consideración. Así pues, se pueden distinguir varios tipos: de uniformidad, que se refieren a la capacidad de intercambiar productos y accesorios que desempeñen funciones similares; de construcción, referentes a los materiales utilizados y técnicas de manufactura; de aceptación, de prueba, de diseño, de definición y clasificación, que norman la terminología utilizada en un cierto campo; y finalmente, los de funcionamiento y de seguridad. Los dos últimos son de gran importancia dentro del desarrollo de equipo para aplicaciones biomédicas.

Los estándares de funcionamiento son aplicados prevalentemente en dispositivos médicos y especifican varias características mínimas de su operación. Algunos de los parámetros típicos que se ven regulados por estos estándares son : ancho de banda y razón señal a ruido, para el caso de los amplificadores; exactitud y precisión para instrumentos de medición, temperatura de estabilización para dispositivos calefactores y refrigerantes, y número de ciclos para conexiones mecánicas.

Se deben especificar las características para distintas condiciones de uso, que pueden ser normales, de estrés, o especiales. Teóricamente, los estándares de funcionamiento son definidos por el usuario; así por ejemplo, si un cardiólogo dice que un cierto ancho de banda es necesario para el procesamiento satisfactorio del electrocardiograma, entonces, los fabricantes deberán dotar a sus instrumentos de las características deseadas por el consumidor.

El estándar de funcionamiento generalmente especifica un criterio de aceptación bajo ciertas condiciones de prueba bien determinadas, las cuales podrían o no existir pero no dejan de ser pruebas de laboratorio. Por otra parte, dicho criterio de aceptación se refiere además a los usos y condiciones que se presentan en la práctica real.

Por otra parte, los estándares de seguridad, son una de las principales consideraciones que deben hacerse en el diseño de instrumental médico. El paciente tiene comunmente respuestas perjudiciales para su estado, es más susceptible a lesiones y típicamente se encuentra en una condición de dependencia de los demás. Estos estándares son necesarios para proteger al paciente y al operador de eventos inesperados. La seguridad es promovida por la observación de las especificaciones de diseño, construcción, funcionamiento, mantenimiento y operación. Ejemplo de ello son los límites de seguridad impuestos para las corrientes de fuga para pacientes y equipos que han sido establecidas con base en consideraciones fisiológicas y ciertas suposiciones ingenieriles.

De este modo, cada una de las consideraciones mencionadas deberá atenderse con objeto de garantizar la seguridad en el diseño electrónico y el uso del instrumento.

Con objeto de regular y normalizar la creación y aplicación de estándares se han instituido diversas asociaciones y grupos, tanto dentro de las mismas instituciones hospitalarias, como de manera independiente. Así se tiene por ejemplo, la *Asociation for the Advancement of Medical Instrumentation* (AAMI), con sede en Arlington Virginia USA, que es una asociación privada, independiente y no lucrativa dedicada a todos los aspectos que abarca la instrumentación médica. Esta institución juega un papel activo en el desarrollo de estándares para dicha instrumentación con un número de 34 dentro de la consideración de la *American National Standard Institute* (ANSI). El primer estándar de la

AAMI, referente al límite de las corrientes de fuga fue aprobado en 1978. Hasta hoy, esta institución ha creado 17 estándares finales, de los cuales 13 han sido ya aprobados, así como 7 recomendaciones prácticas.

También está la *International Organization for Standardization (ISO)*, con sede en Suiza e instituida en 1946. En este país se encuentra además la *Comission Electrotechnique Internationale (CEI)*, que se encarga, a nivel internacional, de todos los asuntos relacionados con estándares en las áreas de la ingeniería eléctrica y electrónica.

Básicamente, la mayoría de las normas, reglas y estándares han sido dictadas por organismos de países donde hay un alto desarrollo científico y tecnológico y en general se toman como normas internacionales que regulan las características de los dispositivos médicos. En países como el nuestro, donde no se posee una legislación lo suficientemente específica, para la estandarización de instrumentos médicos creados con "tecnología propia", se aplican las reglas internacionales.

En Estados Unidos, la enmienda a la Ley Federal de Alimentos Medicinas y Cosméticos (sección 201 h) define el término "dispositivo" como sigue: "... un instrumento, aparato, máquina, invento, implante, reactivo in vitro, o algún otro artículo similar o relacionado, incluido cualquier componente, parte, o accesorio que sea utilizado para el diagnóstico de enfermedades u otros estados patológicos, el tratamiento, la cura, la mitigación o la prevención de enfermedades del hombre o de los animales; o bien orientado para afectar la estructura o cualquier función del organismo, que no involucre la acción de agentes químicos en el cuerpo del paciente, y que el resultado de su utilización no dependa del que sea metabolizado ". Las enmiendas a la Ley de los Dispositivos Médicos de 1976, expanden la anterior definición de "dispositivo" como sigue:

"... dispositivos para uso dentro del diagnóstico, y para el establecimiento de condiciones distintas a la enfermedad, tales como el embarazo y diagnóstico de productos in vitro".

La premisa básica que justifica la regulación y normalización de los equipos biomédicos es el hecho de que el uso de dichos dispositivos implica un nivel de riesgo para los pacientes, que sería mayor todavía si no se observaran los estándares establecidos. En particular, la sección 513 de la Ley de Dispositivos Médicos de 1976, establece tres clasificaciones para dispositivos de uso biomédico:

**-Clase I. Control General**

Engloba a los dispositivos para los cuales el cumplimiento de los estándares de funcionamiento o la aprobación previa a su comercialización son suficientes para asegurar su eficiencia y seguridad.

**-Clase II. Estándares de funcionamiento**

Aplicada a todos aquellos dispositivos para los cuales el control general por sí solo no asegura su seguridad y eficiencia, pero que la información que sobre ellos exista sea suficiente para establecer el estándar de funcionamiento que le será aplicado. Los dispositivos ubicados dentro de esta clase deberán cumplir con las reglas de control general y además con los estándares que les sean impuestos; en caso de que aún no exista un estándar aplicable, el dispositivo se sujetará a lo estipulado para los de la clase I.

**-Clase III. Aprobación previa a la comercialización**

Dentro de esta clase se encuentran los dispositivos para los que las reglas del control general no son suficientes o para los cuales la información existente no es suficiente para desarrollar un estándar de funcionamiento tendiente a garantizar sus características de seguridad y eficiencia. Dentro de esta clase están contenidos los instrumentos que son utilizados para sostener o continuar la vida humana, los que sirven para prevenir el deterioro de la salud, aquellos implantados dentro del cuerpo y en general todos aquellos que representan o implican un riesgo demasiado alto para la integridad del paciente.

Dentro de la clase II se encuentran registrados 11000 dispositivos médicos y en teoría todos ellos están regulados por estándares de seguridad y eficiencia.

La Administración de Alimentos y Medicamentos reconoce que no cuenta con los recursos suficientes y no puede asignar igual prioridad a todos los dispositivos médicos desarrollados hasta la fecha, por esta razón, se elaboró una lista de dispositivos de alta prioridad para los cuales se han desarrollado estándares; dicha lista se presenta a continuación:

1. Ventilador continuo
2. Prótesis vasculares de 6mm de diámetro o más
3. Monitores cardíacos
4. Tuberías para ventiladores
5. Monitores de frecuencia respiratoria
6. Derivaciones para fluidos del sistema nervioso central
7. Reactivos serológicos

8. Sistemas de prueba para factor inmunológico reumatoide

9. Calibradores para mediciones de hemoglobina

10. Discos de prueba para susceptibilidad antimicrobiana

11. Sistemas de prueba inmunológicos para inmunoglobulinas A, G, M, D y E.

Es evidente, que en razón de la especialización de un instrumento resulta necesario adecuar las normas internacionales de estandarización al equipo que se está diseñando o bien desarrollar estándares propios. Uno de los problemas que enfrentamos en la selección de estándares de funcionamiento y seguridad para el diseño del acupuntoscopio, fue la inexistencia de normas elaboradas específicamente para estos equipos o similares.

Dentro de la bibliografía consultada encontramos que han sido desarrollados acupuntoscopios para apoyar la investigación en acupuntura (detección electrónica de acupuntos), pero en estos reportes, por ser de tipo médico, se habla solo superficialmente de las características eléctricas que poseen. Los equipos citados son:

- Estigmascopio (figura 4.1.1.1), desarrollado por el Dr. Pellin en Grenoble Francia; es un detector de resistencia cutánea que emite una señal acústica y luminosa cuando se alcanza un umbral determinado. El ajuste del umbral se realiza mediante un potenciómetro. La fuente de alimentación es una batería recargable de 18 V.

En el panel principal, se localiza un control de ajuste de intensidad de corriente para detección y estimulación. Se cuenta con entradas para las puntas de prueba, una de las cuales es de referencia y la otra (electrodo) se usa para rastrear los puntos. Se ubican

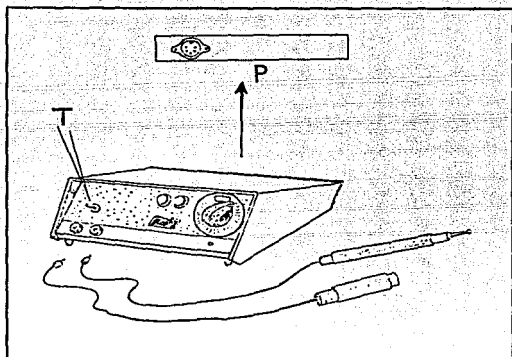


Fig. 4.1.1.1 El Estigmascopio

indicadores luminosos de operación y detección del punto y un selector de sensibilidad que puede ir de baja a alta según el número de puntos que se deseen localizar. También se encuentra en este panel el interruptor de encendido.

Para su uso el paciente toma la punta de referencia en la mano y el doctor manipula el electrodo, consistente en un estilete afilado con una aguja conductora montado sobre una muelle (para asegurar que la presión sea constante), deslizándolo sobre la región bajo estudio (figura 4.1.1.2).

La detección es llevada a cabo mediante la aplicación de una corriente que llega a ser considerable cuando se encuentra un punto activo. Se incluye una resistencia de seguridad para evitar que la exploración resulte dolorosa o lesiva.



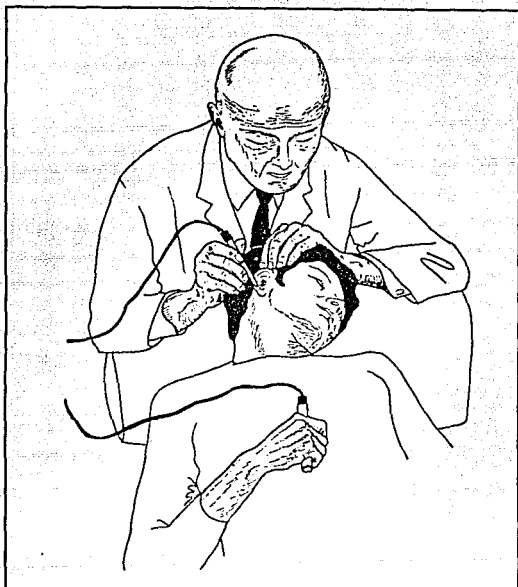


Fig. 4.1.1.2 Ejemplo de uso del Estigmascopio

- Puntoscopio, manufacturado por SEDAT Irigny France (figura 4.1.1.3); su principio de operación consiste en la localización de puntos de baja resistencia circundados por áreas de alta resistencia mediante una medición diferencial. Al igual que el estigmascopio posee dos puntas de prueba, una de referencia y otra denominada captor, que es un doble

electrodo compuesto por un tubo conductivo dentro del cual está un eje también conductivo, estos dos electrodos, están conectados al polo positivo del generador y se encuentran aislados entre si para evitar el riesgo de un corto circuito durante su manejo. Solamente un extremo de dichos electrodos es conductivo y es ese extremo el que entra en contacto con la dermis. Durante la exploración, ambos electrodos tocan la piel, el eje mide la resistencia del punto y el tubo mide la resistencia del área que lo circunda. Para evitar las perturbaciones ocasionadas por una presión excesiva en el punto, los electrodos se hallan montados sobre muelles telescópicos ajustadas según dicta la experiencia diaria. Cuando se ha alcanzado el umbral de resistencia establecido previamente, se activa un indicador acústico. Este aparato está alimentado por una batería. El interruptor de encendido se encuentra en el mango que contiene al electrodo de referencia.

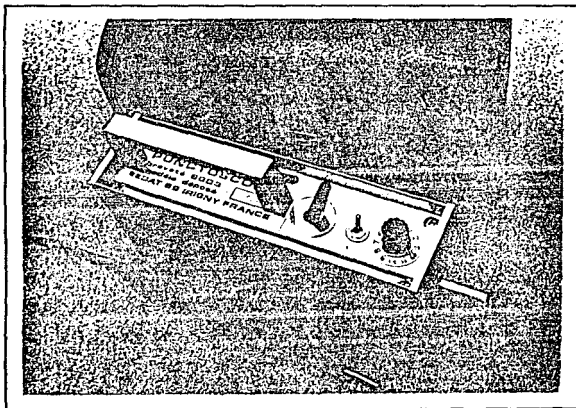


Fig. 4.1.1.3 El Puntoscopio

La detección se lleva a cabo aplicando una corriente de baja intensidad (que no excede los 20 microamperes), así, el daño provocado durante la exploración es mínimo y la duración de la misma puede prolongarse sin incurrir en alguna situación de riesgo.

- Akudist I, fabricado por Metra Blansko Checoslovaquia, es un detector que mide la variación de la resistencia de la piel haciendo uso de un electrodo de detección con una punta de 1 mm<sup>2</sup> de área y aplicando una presión de 80 a 120 g/mm<sup>2</sup>.

Es interesante observar que en los aparatos anteriormente mencionados el ajuste de sensibilidad se lleva a cabo manualmente, lo cual les resta facilidad de manejo; así mismo, en la mayoría de los casos no se cuenta con una evaluación cuantitativa de la impedancia que presenta la piel en el punto activo, y este dato es de utilidad cuando se pretende vincular puntos activos con estados patológicos en órganos, sistemas o funciones.

Considerando las características de los instrumentos descritos, definimos que para nuestro acupuntoscopio se utilizará como principio de operación la evaluación cuantitativa de la impedancia de la piel, el ajuste de sensibilidad será automático, mediante la incorporación de un microcontrolador, los despliegues y señales de aviso serán, al igual que en otros instrumentos, de tipo luminoso y acústico, contando además con un despliegue digital para indicar el valor resistivo de la piel. El electrodo será una punta metálica similar a las descritas (ver inciso 4.2) y también se contará con una referencia.

En el área de la **psicofisiología** se han desarrollado metodologías definidas para medir la respuesta resistiva de la piel (respuestas endosomática y exosomática, inciso 3.5.2). Como punto de partida debe conocerse, previamente a la aplicación del estímulo, el valor resistivo de la piel. Se proponen dos técnicas, la primera consiste en la aplicación de una

corriente constante, lo que provoca la aparición de un voltaje entre las terminales del electrodo, mismo que es linealmente proporcional al nivel de resistencia de la piel ( $R_0$ ) y a la respuesta resistiva de la misma ( $R_{sr}$ ). El requerimiento esencial es que el valor de la resistencia de la fuente ( $R_i$ ) en serie con el voltaje de entrada ( $E$ ) sea mucho mayor (por ejemplo de 100 a 1000 veces) que el valor resistivo equivalente de  $R_0$  y la impedancia total ( $Z_{12}$ ) presente entre las terminales del electrodo (1 y 2); ya que la magnitud de la corriente que circula está determinada por  $R_i$ , más que por  $R_0$ , aún cuando  $R_0$  varíe de sujeto a sujeto. La figura (4.1.1.4) muestra una fuente de corriente constante obtenida al colocar una resistencia  $R_i$ , de alto valor óhmico, en serie con una fuente de voltaje constante ( $E$ ).

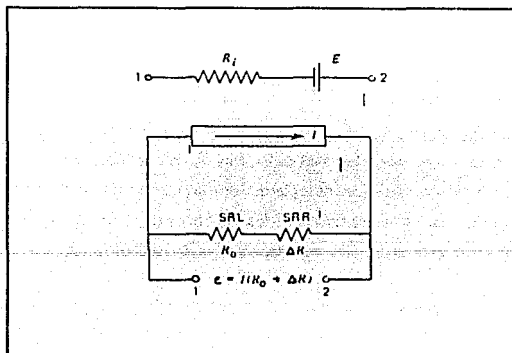


Fig. 4.1.1.4 Circuito de corriente constante para medición de la respuesta resistiva de la piel

Aunque esta técnica es conveniente y económica, el voltaje requerido para obtener la corriente deseada a través del sujeto es bastante alto, aunque también existen circuitos

activos para implementar fuentes de corriente constantes que funcionan con voltajes de menor intensidad.

Con un circuito de corriente constante, la señal deseada es la obtenida directamente de las terminales del electrodo (1, 2) y se hace uso de un instrumento de impedancia de entrada mayor que  $R_0$  para su evaluación. El voltaje ( $e$ ) a través de las terminales del electrodo está dado por:

$$e = I * (R_0 + R_{sr}),$$

pero

$$I = \frac{E}{R_i} \text{ cuando } R_i \gg R_0 \text{ y } R_{sr} \ll R_0$$

entonces

$$e = \frac{E}{R_i} * R_0 + \frac{E}{R_i} * R_{sr}$$

el voltaje a través de las terminales del electrodo consiste en un valor constante  $E * R_0 / R_i$  que representa a la **resistencia basal** de la piel y de un valor pequeño  $E * R_{sr} / R_i$  que representa a la respuesta resistiva de la piel debida a la aplicación de un estímulo. Mientras  $R_i$  sea mayor que la resistencia total entre los electrodos ( $R_0$ ), el cambio en voltaje, que representa a la respuesta resistiva, es independiente del nivel de resistencia de la piel.

La segunda alternativa es desarrollar un circuito de voltaje constante utilizando una fuente de voltaje ( $E$ ) de baja impedancia (figura 4.1.1.5). El parámetro a medir es la conductancia de la piel. La corriente ( $I$ ) que fluye es linealmente proporcional al voltaje aplicado y a la conductancia ( $G_0$ ), que es el nivel de conductancia de la piel en ausencia de **respuesta conductiva** (SCR). La conductancia de la piel  $G_0$ , es el recíproco de la componente DC de la impedancia  $R_0$  que se presenta entre las terminales del electrodo. Esto es  $I = E * G_0$ .

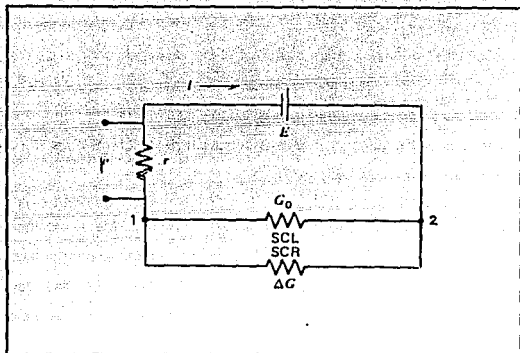


Fig. 4.1.1.5 Circuito de voltaje constante para medición de la conductancia de la piel

La presencia de un estímulo causa un pequeño incremento en la conductancia ( $G_{sr}$ ), de manera que la expresión general para la corriente se expresa como:

$$I = E * (G_0 + G_{sr})$$

La medición de la corriente se acompaña usualmente del registro del voltaje ( $e$ ) que aparece sobre una resistencia ( $r$ ) que se agrega al circuito de medición y cuyo valor es menor que  $1 / G_0$ ; en la práctica esta resistencia tiene un valor de 10 a 100 ohms. El voltaje a través de  $r$  está definido por:

$$e = I * r = r * E * (G_0 + G_{sr}) = r * E * G_0 + r * E * G_{sr}$$

El pequeño cambio en la señal de conductancia ( $r \cdot E \cdot G_{\text{ar}}$ ), que representa a la respuesta conductiva de la piel, mantiene un nivel alto de conductancia con respecto a  $r \cdot E \cdot G_0$ . En una situación práctica, la corriente que fluye a través del sujeto depende de  $G_0$  que a su vez depende del área del electrodo y del nivel de impedancia del sujeto; debe de tenerse especial cuidado en que la selección del voltaje E no envíe corrientes excesivas a individuos de baja impedancia.

La impedancia de entrada de los amplificadores conectados a los instrumentos utilizados para evaluar tanto la respuesta resistiva de la piel como la conductancia, según el caso, requieren de especial consideración ya que, las exigencias para ambos fenómenos son completamente distintas. En el caso de la medición de la resistencia de la piel, el amplificador utilizado para medir el voltaje proporcional de salida ( $e$ ), debe tener una alta impedancia de entrada con respecto al nivel de resistencia de la piel  $R_0$ . Cuando se mide la conductancia de la piel, la señal de conductancia proporcional de salida ( $e$ ), que se presenta a través de  $r$ , debe medirse con un amplificador cuya impedancia de entrada sea mayor que  $r$ , misma que es menor que la resistencia basal del sujeto ( $R_0$  o  $1 / G_0$ ). Si se utiliza un dispositivo de alta sensibilidad para medir corriente con una impedancia de entrada igual o menor que  $r$ , puede prescindirse de ésta última.

Para registrar los niveles de resistencia basal de la piel o de conductancia se requieren sistemas directamente acoplados, por ejemplo, la respuesta de frecuencia sinusoidal debe extenderse hasta cero; sin embargo, si solamente se requiere registrar los cambios de frecuencia o conductancia puede llevarse a cabo un acoplamiento capacitivo con una constante de tiempo de 5 seg o mayor.

Por otra parte, según reportes del doctor Pedro C. Chan de la Asociación para la

investigación en Acupuntura (White Memorial Medical Center, Los Angeles Calif.), se sabe que la frecuencia de la corriente que se aplique para realizar la medición de resistencia en piel es muy importante, ya que en el tegumento, se tienen reactancias capacitivas. Por lo tanto, la frecuencia debe ser alta para evitar que la capacitancia formada entre el electrodo y la piel influya en la medición. Dos factores importantes que han determinado la dependencia de la frecuencia con respecto a la impedancia de la piel son: la medición de puntos activos sin utilizar algún electrolito adicional o gel, y la relativamente pequeña área del electrodo (no mayor de  $10 \text{ mm}^2$ ). Las características obtenidas en piel seca y utilizando un electrodo de 1.5 mm de diámetro de acero inoxidable se presentan en la figura 4.1.1.6. Debe observarse que la frecuencia "ideal" se localiza en la vecindad de los 800 Hz.

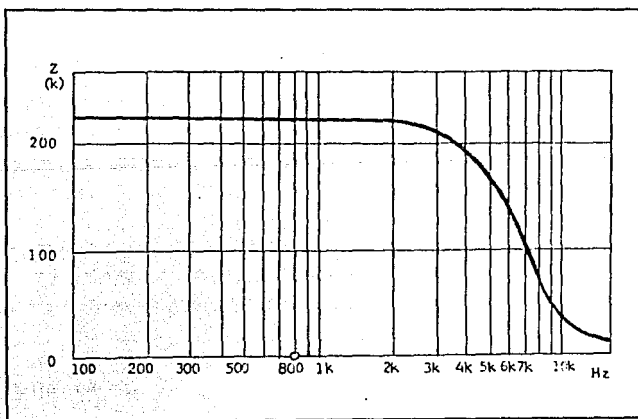


Fig. 4.1.1.6 Gráfica de frecuencia contra impedancia



En lo referente a los estándares de seguridad que debemos tomar en cuenta para el desarrollo del instrumento, nos hemos basado en los efectos que se producen al hacer circular una corriente eléctrica en tejidos biológicos, definidos para instrumentos médicos como electrocardiógrafos y electroencefalógrafos. Cuando circula corriente eléctrica a través de los tejidos se pueden observar tres fenómenos: el primero, es la generación de calor resistivo en la piel; el segundo es la generación de una electroestimulación sobre tejido excitable (nervios y músculos); y por último las posibles quemaduras por efectos electroquímicos.

La corriente promedio mínima que puede detectar un ser vivo está en función de las condiciones de medición y del individuo. La corriente promedio en AC tiene un valor de 0.5 mA a una frecuencia de 60 Hz y para DC se registran valores entre 2 y 5 mA. En estos niveles de corriente, el individuo experimenta una sensación de cosquilleo. Si se aplican mayores niveles de corriente, los nervios y músculos experimentan sensaciones de dolor y fatiga, presentándose contracciones involuntarias de los músculos que pueden causar daños secundarios. Si la contracción sobrepasa los límites normales, el individuo puede perder la capacidad de responder ante algún estímulo. Existe un límite de 9.5 mA para corriente alterna a 60 Hz.

En el caso de presentarse corrientes de valores más altos, las contracciones que pueden generarse paralizan a los músculos respiratorios, ocasionando asfixia si la corriente es ininterrumpida. Esta contingencia se presenta para corrientes entre los 18 y 22 mA.

El fenómeno de **fibrilación** se presenta cuando hay un paso de corriente a través del corazón, provocando que los ventrículos trabajen en forma desincronizada, modificando

el bombeo de sangre y ocasionando la muerte del individuo. El valor promedio de la corriente que ocasiona dicho fenómeno se encuentra entre los 75 y 400 mA.

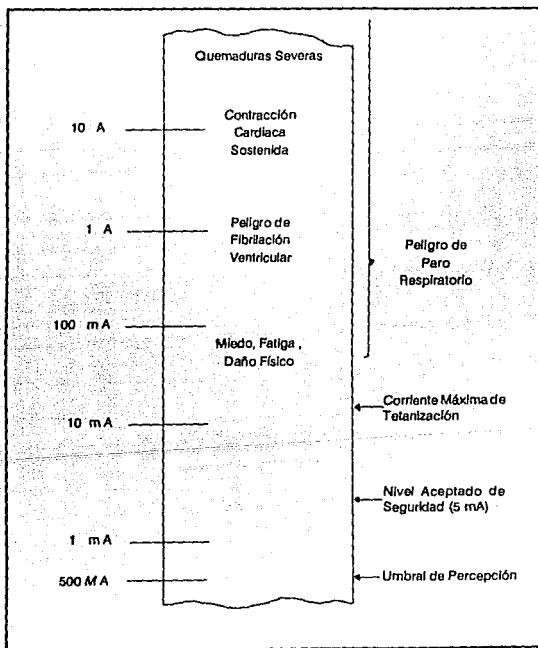


Fig. 4.1.1.7 Efectos fisiológicos de la corriente eléctrica durante un segundo de contacto externo con el cuerpo a una frecuencia de 60 Hz

Cuando la corriente que pasa por el corazón, alcanza valores entre 1 y 6 A se produce una contracción completa del miocardio, provocando que este deje de palpar. Si se retira la corriente se restablece el ritmo cardiaco, siempre y cuando el tiempo de exposición no haya provocado la muerte del individuo. En los experimentos realizados no se han encontrado efectos secundarios a raíz de este tipo de paros.

Para corrientes mayores a los 10 A se presenta efecto Joule en los tejidos, provocando graves quemaduras y daños físicos. Se ha observado que voltajes de 240 Volts pueden llegar a perforar la piel e incluso se presentan contracciones musculares tan grandes que existe una separación entre músculo y hueso.

En la figura 4.1.1.8 se presenta un resumen de los estándares de diseño propuestos para el acupuntoscopio.

Parámetros de diseño	Características
Principio de operación	Evaluación cuantitativa de la resistencia de la piel
Modo de medición	Aplicación de corriente constante
Nivel de corriente de entrada	< 10 MA
Ancho de Banda	700 - 900 Hz
Impedancia de entrada	> 10 <sup>10</sup> Ohms
CMRR	> 80 dB
Ganancia	1 - 1000
Alimentación	Por baterías (9 volts)
Tipo de electrodo	Superficial
Indicadores	Despliegue LCD, zumbador, barra de LEDs
Ajuste de sensibilidad	Automático

Fig. 4.1.1.8 Estándares de diseño aplicados al acupuntoscopio

#### 4.1.2 Blindaje

Un blindaje es un "escudo" o placa metálica situado entre dos regiones del espacio y se utiliza para controlar la propagación de campos eléctricos, magnéticos, o bien electromagnéticos, de una región a la otra.

La importancia de establecer control sobre los campos mencionados reside en el hecho de que dichos campos, al interactuar con los instrumentos de medición, ocasionan perturbaciones, es decir ruido. El ruido eléctrico es una señal indeseable porque interfiere con la operación de los instrumentos y compite con las señales que se pretenden registrar.

Si el blindaje rodea a la fuente de ruido, como lo muestra la figura 4.1.2.1, provee protección a todos los equipos susceptibles localizados fuera del mismo.

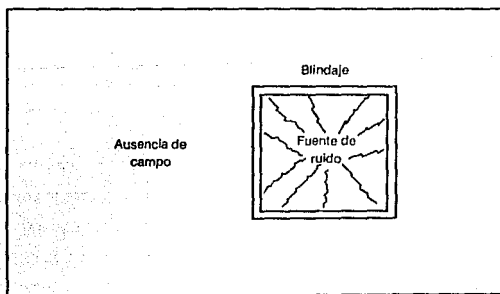


Fig. 4.1.2.1 Blindaje rodeando a la fuente de ruido

Por otro lado, el blindaje puede ser utilizado para mantener radiaciones electromagnéticas fuera de una región determinada (figura 4.1.2.2) protegiendo únicamente al equipo contenido dentro de la zona blindada.

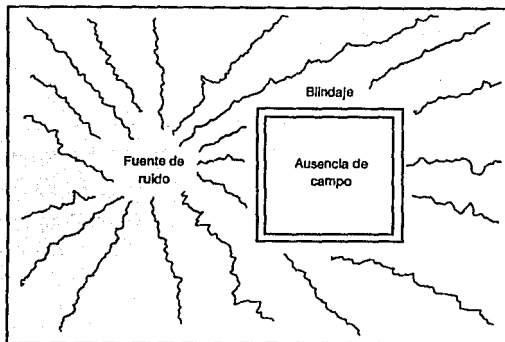


Fig. 4.1.2.1 Blindaje del equipo

Desde un punto de vista más general, blindar la fuente de ruido resulta más eficiente que blindar al receptor. Sin embargo, hay casos en los que la fuente ha sido diseñada expresamente para radiar y el blindaje individual de los receptores se hace necesario.

El blindaje ideal para un equipo consistiría en una caja cerrada, pero como es evidente, esto es más que imposible si se trata de sistemas diseñados para interactuar con el medio. La mayoría de los equipos electrónicos utilizados no solo en aplicaciones médicas, tienen diversos puntos de entrada y salida (cables de alimentación, puntas de prueba, cableado de electrodos, sistemas de aterrizaje, etc), lo que los hace susceptibles de ser

afectados por ruido.

Una de las formas más comunes y a menudo ignorada, de acoplamiento de ruido en un sistema, es la que se lleva a cabo a través de los conductores del equipo. Un cable que se encuentra inmerso en un ambiente ruidoso puede captar el ruido presente y conducirlo hasta el circuito, lo cual causará interferencia. La solución es evitar que el cable capte ruido, o en su defecto, remover la señal de ruido del cable, proveyéndolo de un medio de desacoplamiento antes de que llegue al circuito.

Un ejemplo clásico de esta forma de acoplamiento, es el que se presenta en el cableado de alimentación.

La acción galvánica es otra forma de acoplamiento de ruido y se presenta cuando existe una combinación de metales (conductores) en la trayectoria de una señal de bajo nivel. El voltaje de ruido aparece a causa de la acción galvánica entre dichos metales. La presencia de humedad o vapor de agua en combinación con dos metales diferentes produce un fenómeno de pila húmeda e induce un nivel de ruido.

El efecto triboeléctrico o efecto eléctrico por frotamiento, que se presenta cuando no se mantiene un buen contacto entre un material dieléctrico y un cable conductor, constituye otra forma de acoplamiento de ruido en un sistema. Cuando hay manipulación mecánica de los cables, se genera una carga eléctrica que actúa como una fuente de ruido sobre el conductor; este efecto se puede minimizar evitando el movimiento y los dobleces en el mismo.

No existen soluciones cien por ciento seguras para erradicar el ruido de los sistemas electrónicos, pero si se pueden minimizar sus efectos.

En el sistema propuesto, el punto susceptible al acoplamiento de ruido es el cableado, tanto el que lleva la señal al aparato, como el conectado a la punta de referencia, ya que al hacer uso de baterías como fuente de alimentación no se tiene otro punto de entrada al equipo.

Deben considerarse tres formas de acoplamiento de ruido en cables. La primera es un acoplamiento eléctrico o capacitivo, que resulta de la interacción de campos eléctricos entre circuitos. Este tipo de acoplamiento se identifica comúnmente como acoplamiento electrostático (dicho nombre es erróneo dado que los campos eléctricos no son estáticos).

El segundo acoplamiento es inductivo o magnético, que resulta de la interacción entre los campos magnéticos de dos circuitos. Este tipo de acoplamiento se describe comúnmente como electromagnético, a pesar de que en realidad no se tiene presente ningún campo eléctrico. La tercera forma es la combinación del efecto de los campos eléctricos y magnéticos y se denomina acoplamiento electromagnético o radiación.

Una representación simple del acoplamiento capacitivo entre dos conductores se muestra en la figura 4.1.2.3. La capacitancia  $C_{12}$ , es la capacitancia parásita entre los conductores 1 y 2. La capacitancia  $C_{1G}$  es la capacitancia entre el conductor 1 y la tierra (ground),  $C_{2G}$  es la capacitancia total entre el conductor 2 y la tierra, y  $R$  es la resistencia del circuito 2 a tierra. La resistencia  $R$  resulta de la conexión del conductor 2 al circuito y no es un componente parásito. La capacitancia  $C_{2G}$  se compone de la capacitancia parásita del conductor 2 a tierra y del efecto de cualquier circuito conectado al conductor 2. En la misma figura se presenta el circuito equivalente para el acoplamiento capacitivo. Se considera el voltaje  $V_1$  sobre el conductor 1 como fuente de

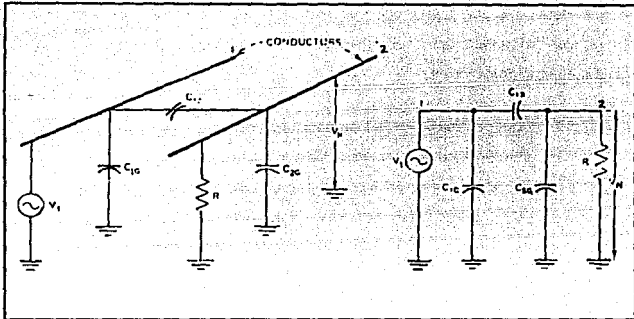


Fig. 4.1.2.3 Acoplamiento Capacitivo

interferencia y al conductor 2 como el circuito receptor o afectado. Cualquier capacitancia conectada directamente a través de la fuente, como es  $C_{1G}$ , puede despreciarse ya que no tiene influencia en acoplo de ruido. El voltaje de ruido  $V_N$  producido entre el conductor 2 y la tierra está expresado por la siguiente ecuación:

$$V_N = \frac{j\omega [C_{12} / (C_{12} + C_{2G})]}{j\omega + 1/R (C_{12} + C_{2G})} V_1$$

Esta ecuación puede simplificarse para el caso de que  $R_1$  presente menor impedancia que la generada por las capacitancias parásitas  $C_{12}$  más  $C_{2G}$ , situación real en la mayoría de los casos:

$$R << \frac{1}{j\omega (C_{12} + C_{2G})}$$

de manera que el voltaje de ruido se expresa por la siguiente ecuación:

$$V_N = j\omega \cdot R \cdot C_{12} \cdot V_1$$



Es evidente que el voltaje de ruido es directamente proporcional a la fuente de ruido, a la resistencia  $R$  a tierra del circuito afectado, a la capacitancia  $C_{12}$  entre los conductores y a la magnitud del voltaje  $V_1$ .

Asumiendo que el voltaje y la frecuencia de la fuente de ruido no pueden ser modificados, quedan libres únicamente dos parámetros para reducir el acoplamiento capacitivo. El circuito receptor debe operar con un bajo nivel de resistencia  $R$ , o bien la capacitancia  $C_{12}$  debe decrementarse. Esto último se consigue orientando adecuadamente los conductores, blindándolos, o mediante la separación física de los mismos.

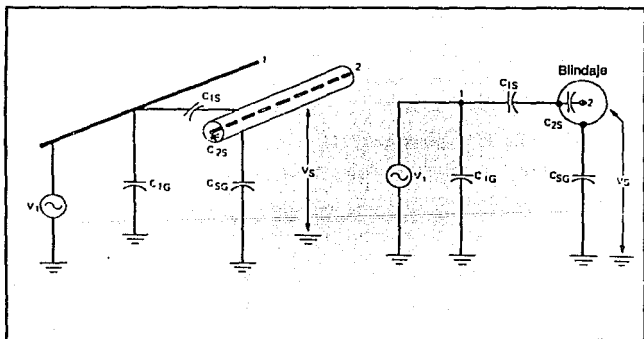


Fig. 4.1.2.4 Acoplamiento capacitivo con blindaje localizado alrededor del conductor receptor

Específicamente para el caso del blindaje, si se coloca alrededor del conductor 2 tal como se muestra en la figura 4.1.2.4, se obtiene el circuito equivalente mostrado en la misma figura y el voltaje en el blindaje está dado por:

$$V_S = \frac{C_{1S}}{C_{1S} + C_{SG}} V_1$$

ya que no existe un paso de corriente a través de  $C_{2S}$ , este voltaje es igual al voltaje de ruido:

$$V_N = V_S$$

Si el blindaje se aterriza, el voltaje  $V_S$  es igual a cero y en consecuencia, el voltaje de ruido en el conductor 2 se reduce a cero. Este caso es la situación ideal más no la típica, ya que en la práctica el conductor se extiende más allá del blindaje, generando un voltaje de ruido expresado por la siguiente ecuación:

$$V_N = \frac{C_{12}}{C_{12} + C_{2G} + C_{2S}} V_1$$

Por lo tanto, para un buen blindaje eléctrico es indispensable minimizar la longitud que existe entre el centro del conductor y el blindaje, y conseguir un buen aterrizaje de éste (figura 4.1.2.5).

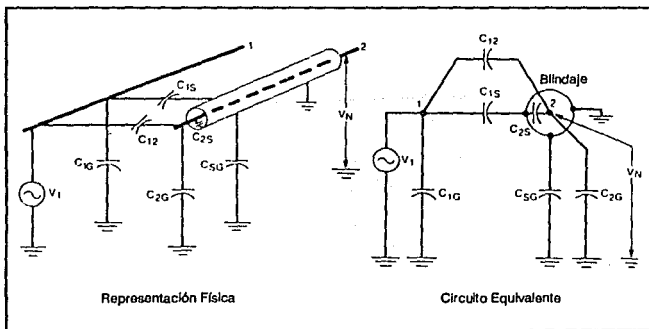


Fig. 4.1.2.5 Acoplamiento capacitivo cuando el centro del conductor se extiende más allá del blindaje

Cualquier capacitancia que vaya directamente de la fuente de ruido no tiene efecto en el acoplamiento. El circuito equivalente simplificado es similar al de la figura 4.1.2.4; si  $C_{2G}$  se reemplaza por la suma de  $C_{2G}$  más  $C_{2S}$ , esto es:

$$R \ll \frac{1}{j\omega(C_{12} + C_{2G} + C_{2S})}$$

situación real, el voltaje de ruido que se acopla al conductor 2 está dado por:

$$V_N = j\omega \cdot R \cdot C_{12} \cdot V_1$$

que es la misma que para un cable no blindado con la excepción de que  $C_{12}$  se ve considerablemente reducida por la presencia del blindaje. La capacitancia  $C_{12}$  es básicamente la capacitancia entre el conductor 1 y la porción no blindada del conductor 2 (figura 4.1.2.6).

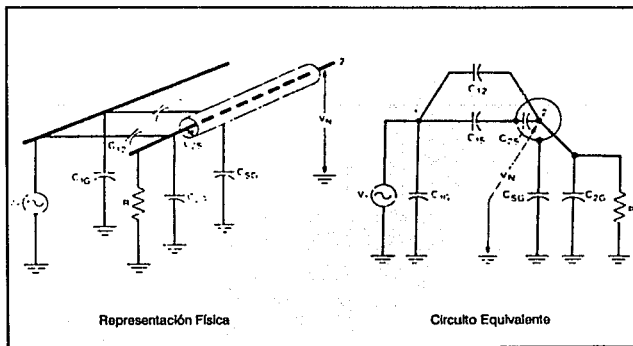


Fig. 4.1.2.6 Acoplamiento capacitivo cuando el conductor receptor tiene una resistencia a tierra

La mejor manera de proteger de campos magnéticos a un receptor es reducir el área de recepción del campo. El área de interés es el área total encerrada por el flujo de corriente y el circuito receptor como se muestra en la figura 4.1.2.7.

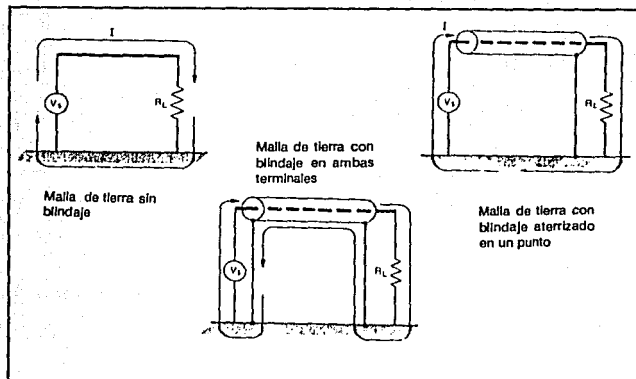


Fig. 4.1.2.7 Efecto del blindaje sobre las mallas de tierra

Una consideración importante es definir la trayectoria por la cual la corriente vuelve a la fuente, ya que a menudo se presenta una trayectoria diferente y se provoca un cambio en el área a considerar. Si la corriente regresa a través del blindaje, más que por un plano de tierra, el área se decrementa y el circuito se protege.

Es muy importante que el blindaje "haga un buen contacto" con el encapsulado del electrodo y con el chasis del aparato. Si esto se hace en forma adecuada, el ruido inducirá corrientes eléctricas en el blindaje y no en el cable que conduce a la señal.

En el mercado existen distintos tipos de cables blindados, el más común es el cable de tipo coaxial, usado para la transmisión de señales de frecuencias superiores a los 100 KHz, como son las de video. Otro es el denominado par trenzado blindado o cable trenzado y apantallado que es el más adecuado para el manejo de señales de frecuencias menores a los 100 KHz. Este tipo de cable tiene una capacitancia mayor que el cable coaxial, por lo que su uso se restringe a frecuencias bajas.

El cable coaxial aterrizado en un punto ofrece una buena protección contra campos eléctricos, pero al inducirse una corriente de ruido a través del blindaje se genera un potencial de ruido cuya resistencia es igual a la corriente de ruido por la resistencia del blindaje. Ya que el blindaje es una parte de la trayectoria de la señal, el voltaje de ruido se presenta como ruido en serie con la entrada de señal. Un cable doblemente blindado, o triaxial, con aislamiento entre los dos blindajes puede eliminar el ruido producido por la resistencia del blindaje. La corriente del ruido fluye a través del blindaje externo, y la corriente de la señal fluye a través del blindaje interno, de esta forma las dos corrientes no fluyen por la misma impedancia.

Desafortunadamente, los cables triaxiales son caros y difíciles de usar. Sin embargo, un cable coaxial en altas frecuencias puede dar los mismos resultados que un cable triaxial.

Un par trenzado blindado tiene características similares a las del cable triaxial y resulta ser más económico y fácil de utilizar. La señal fluye a través de los dos conductores internos y cualquier corriente de ruido fluye a través del blindaje. Adicionalmente cualquier corriente presente en el blindaje se acopla por igual en ambos conductores y por el fenómeno de inductancia mutua los voltajes generados se cancelan. Un par trenzado sin •

blindar ofrece una protección pobre contra acoplamiento capacitivo, pero es efectivo en el caso del acoplamiento inductivo, ya que al trenzar los cables se disminuye el área de las trayectorias de flujo de corriente y por lo tanto, el área susceptible a captar campos magnéticos. La efectividad del par trenzado se incrementa según el número de torsiones por unidad de longitud.

Actualmente, en los cables blindados se utilizan mallas metálicas en lugar de conductores rígidos. Las mallas presentan ventajas como son la flexibilidad, resistencia y durabilidad; sin embargo, solamente cubren del 60 al 98 % del conductor y son menos efectivas que el blindaje ofrecido por los conductores sólidos (de 5 a 30 dB). El blindaje con malla ofrece una débil protección contra campos eléctricos, pero es efectivo para reducir campos magnéticos; la razón es que la malla trenzada distorsiona la uniformidad de la corriente de blindaje. A altas frecuencias la efectividad de la malla decrece, ya que los huecos entre ella comienzan a ser representativos respecto de la longitud de onda de la señal a medida que la frecuencia se incrementa.

El lograr un buen blindaje contra campo magnético depende de la distribución uniforme de la corriente longitudinal alrededor de la circunferencia del blindaje. La efectividad del blindaje magnético en la vecindad de los extremos del cable depende de la manera como la malla sea aterrizada. La conexión denominada *pigtail* (cola de cochino) ocasiona que la corriente del blindaje se concentre en un extremo del mismo (figura 4.1.2.8 a). Para lograr máxima protección, el blindaje debe terminar uniformemente alrededor de la sección transversal, esta técnica se conoce como contacto eléctrico de 360° y comunmente hace uso de conectores coaxiales como son los tipo BNC, UHF, RCA, plug o N (figura 4.1.2.9). La figura 4.1.2.8 b muestra un método alternativo para lograr un blindaje de 360° sin la utilización de un conector.

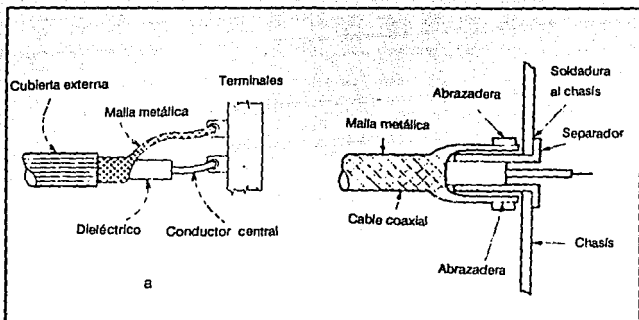


Fig. 4.1.2.8 Conexión pigtail (a), terminación de cable coaxial con contacto de 360° al blindaje

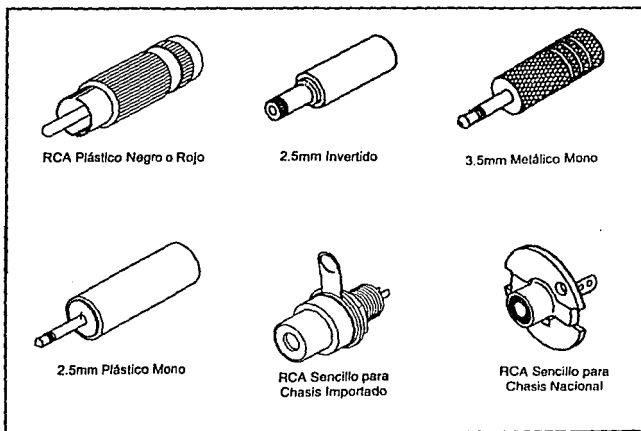


Fig. 4.1.2.9 Distintos tipos de conectores

Para el desarrollo del acupuntoscopio se ha elegido un cable blindado con malla metálica, similar al utilizado en equipos de sonido (audífonos de *walkman*), ya que sus características resultan idóneas para esta aplicación.

Se decidió utilizar conectores tipo RCA para el electrodo y para la referencia con objeto de facilitar el manejo y el mantenimiento tanto del aparato como del mismo cableado.

Además del blindaje, existen otros métodos primarios para prevenir problemas de interferencia, tales como:

- Aterrizaje
- Balance
- Filtrado
- Aislamiento
- Separación y orientación
- Circuitos que controlen el nivel de impedancia
- Diseño de cables
- Técnicas de cancelación de efectos (en tiempo y frecuencia)





## 4.2 Características y selección de los electrodos

Dentro de las aplicaciones biomédicas, el electrodo es definido como un conductor a través del cual una corriente entra o sale de un fluido o un material orgánico como es la piel humana.

A través de la observación del **electrocardiograma** y de otras mediciones de **potenciales bioeléctricos**, se podría intuir que los electrodos de medición son simples terminales o puntos de contacto con los cuales se pueden registrar voltajes en la superficie del cuerpo, y que los **electrolitos o gels** que se emplean durante los registros, únicamente minimizan la impedancia entre la superficie de la piel y el electrodo. Esta conclusión es incorrecta y no satisface la teoría que explica el origen de los potenciales bioeléctricos, ya que debe recordarse que estos potenciales, generados en el cuerpo, son producidos por **corrientes iónicas**. Para medir eficientemente dichos potenciales, se requiere que éstos sean convertidos en señales eléctricas, entonces los dispositivos que convierten **potenciales iónicos** en potenciales eléctricos se llaman electrodos.

La teoría de electrodos postula que la interfase de **iones metálicos** en solución con su metal asociado da como resultado un potencial eléctrico llamado potencial del electrodo. Este potencial se origina por la diferencia en la velocidad de difusión de los iones dentro y fuera del metal y por la descarga de iones metálicos en la solución para formar átomos del metal sobre el electrodo. Cuando los iones que se separan del metal superan en número a los que retornan, se produce un exceso de electrones en el metal. Cuando esto ocurre, los **cationes** se acumulan en la solución formando una doble capa

eléctrica en la interfase, dicha capa dificulta el movimiento de aniones hacia la solución, a la vez que facilita el movimiento de los cationes hacia el metal. En este proceso se alcanza un equilibrio y es entonces cuando el electrodo muestra su potencial, que puede definirse como la diferencia de potencial entre el metal y el volumen de solución. El potencial del electrodo es valorado con respecto a la diferencia de potencial existente entre el electrodo bajo prueba y el electrodo de hidrógeno reversible en condiciones estándar. Por tanto, cualquier tipo de electrodo tendrá su propio potencial según el metal del que sea fabricado. En la tabla 4.2.1 se presentan los potenciales de electrodo de una gran variedad de metales y aleaciones.

Según el tipo de evento biológico que se desea registrar existen varios tipos de electrodos, los cuales pueden ser clasificados básicamente en tres grupos:

1. Microelectrodos. Son utilizados para la medición de potenciales bioeléctricos cerca o dentro de una sola célula.
2. Electrodos superficiales. Se emplean en los registros de señales cerebrales, cardíacas y musculares tomadas al nivel de la superficie de la piel.
3. Electrodos de aguja. Penetran la piel para registrar señales originadas en una región específica del cuerpo (cerebro para electroencefalograma EEG y grupos musculares para electromiograma EMG).

Los tres tipos de electrodos, presentan al ser utilizados, la interfase metal-electrolito. En cada caso, se desarrolla un potencial de electrodo a través de la interfase, el cual es proporcional al intercambio de iones entre el metal y los electrolitos del cuerpo. La doble

	$E_0$ (volts)		$E_0$ (volts)
Li $\rightleftharpoons$ Li <sup>+</sup>	-3.045	V $\rightleftharpoons$ V <sup>3+</sup>	-0.876
Rb $\rightleftharpoons$ Rb <sup>+</sup>	-2.925	Zn $\rightleftharpoons$ Zn <sup>2+</sup>	-0.762
K $\rightleftharpoons$ K <sup>+</sup>	-2.925	Cr $\rightleftharpoons$ Cr <sup>2+</sup>	-0.74
Cs $\rightleftharpoons$ Cs <sup>+</sup>	-2.923	Ga $\rightleftharpoons$ Ga <sup>2+</sup>	-0.53
Ra $\rightleftharpoons$ Ra <sup>2+</sup>	-2.92	Fe $\rightleftharpoons$ Fe <sup>2+</sup>	-0.440
Ba $\rightleftharpoons$ Ba <sup>2+</sup>	-2.90	Cd $\rightleftharpoons$ Cd <sup>2+</sup>	-0.402
Sr $\rightleftharpoons$ Sr <sup>2+</sup>	-2.89	In $\rightleftharpoons$ In <sup>2+</sup>	-0.342
Ca $\rightleftharpoons$ Ca <sup>2+</sup>	-2.87	Tl $\rightleftharpoons$ Tl <sup>+</sup>	-0.336
Na $\rightleftharpoons$ Na <sup>+</sup>	-2.714	Mn $\rightleftharpoons$ Mn <sup>2+</sup>	-0.283
La $\rightleftharpoons$ La <sup>3+</sup>	-2.52	Co $\rightleftharpoons$ Co <sup>2+</sup>	-0.277
Mg $\rightleftharpoons$ Mg <sup>2+</sup>	-2.37	Ni $\rightleftharpoons$ Ni <sup>2+</sup>	-0.250
Am $\rightleftharpoons$ Am <sup>3+</sup>	-2.32	Mo $\rightleftharpoons$ Mo <sup>3+</sup>	-0.2
Pu $\rightleftharpoons$ Pu <sup>3+</sup>	-2.07	Ge $\rightleftharpoons$ Ge <sup>4+</sup>	-0.15
Th $\rightleftharpoons$ Th <sup>4+</sup>	-1.90	Sn $\rightleftharpoons$ Sn <sup>2+</sup>	-0.136
Np $\rightleftharpoons$ Np <sup>3+</sup>	-1.86	Pb $\rightleftharpoons$ Pb <sup>2+</sup>	-0.126
Be $\rightleftharpoons$ Be <sup>2+</sup>	-1.85	Fe $\rightleftharpoons$ Fe <sup>3+</sup>	-0.036
U $\rightleftharpoons$ U <sup>3+</sup>	-1.80	D <sub>2</sub> $\rightleftharpoons$ D <sup>+</sup>	-0.0034
Hf $\rightleftharpoons$ Hf <sup>4+</sup>	-1.70	H <sub>2</sub> $\rightleftharpoons$ H <sup>+</sup>	0.000
Al $\rightleftharpoons$ Al <sup>3+</sup>	-1.66	Cu $\rightleftharpoons$ Cu <sup>2+</sup>	+0.337
Ti $\rightleftharpoons$ Ti <sup>2+</sup>	-1.63	Cu $\rightleftharpoons$ Cu <sup>+</sup>	+0.521
Zr $\rightleftharpoons$ Zr <sup>4+</sup>	-1.53	Hg $\rightleftharpoons$ Hg <sub>2</sub> <sup>2+</sup>	+0.789
U $\rightleftharpoons$ U <sup>4+</sup>	-1.50	Ag $\rightleftharpoons$ Ag <sup>+</sup>	+0.799
Np $\rightleftharpoons$ Np <sup>4+</sup>	-1.354	Rh $\rightleftharpoons$ Rh <sup>3+</sup>	+0.80
Pu $\rightleftharpoons$ Pu <sup>4+</sup>	-1.28	Hg $\rightleftharpoons$ Hg <sup>2+</sup>	+0.857
Ti $\rightleftharpoons$ Ti <sup>3+</sup>	-1.21	Pd $\rightleftharpoons$ Pd <sup>2+</sup>	+0.987
V $\rightleftharpoons$ V <sup>2+</sup>	-1.18	Ir $\rightleftharpoons$ Ir <sup>3+</sup>	+1.000
Mn $\rightleftharpoons$ Mn <sup>2+</sup>	-1.18	Pt $\rightleftharpoons$ Pt <sup>2+</sup>	+1.19
Nb $\rightleftharpoons$ Nb <sup>3+</sup>	-1.1	Au $\rightleftharpoons$ Au <sup>3+</sup>	+1.50
Cr $\rightleftharpoons$ Cr <sup>2+</sup>	-0.913	Au $\rightleftharpoons$ Au <sup>+</sup>	+1.68

Tabla 4.2.1 Potenciales de electrodo para diferentes materiales

capa eléctrica que media entre el electrodo y los electrolitos actúa como un capacitor. De este modo, el circuito equivalente a la interfase electrodo-piel consiste en un voltaje en serie con una red resistiva capacitiva como se muestra en la figura 4.2.1.

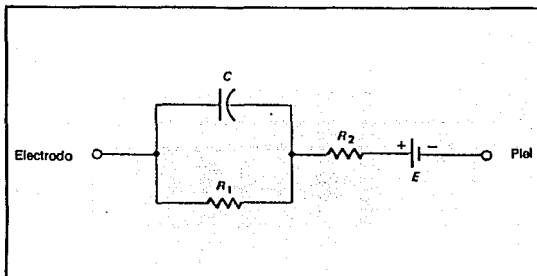


Fig. 4.2.1 Circuito equivalente a la Interfase electrodo-piel

Para el registro de eventos eléctricos que tienen lugar dentro del cuerpo, se requiere normalmente de dos electrodos, uno activo y uno de referencia. Dichos registros se verán afectados por los respectivos potenciales de electrodo; si los electrodos son del mismo tipo, la alteración será mínima, pero si son diferentes, se produce un voltaje significativo de DC que puede generar un flujo de corriente por los electrodos hacia la entrada del amplificador al que se hallan conectados (ver figura 4.2.2). El nivel de DC ocasionado por la diferencia en los potenciales de electrodo se denomina voltaje de offset del electrodo. La corriente resultante se podría tomar como una verdadera señal fisiológica. Aún los electrodos del mismo material producen un pequeño voltaje de offset.

Se ha encontrado que además del voltaje de offset, la actividad química que tiene lugar

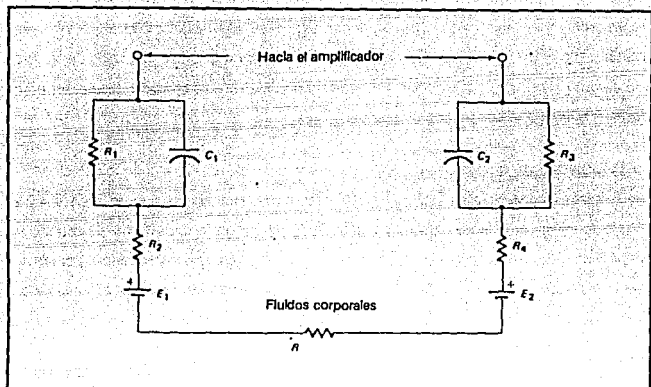


Fig. 4.2.2 Circuito equivalente de dos electrodos para registro de eventos bioeléctricos

dentro del electrodo puede causar fluctuaciones de voltaje que se presentan aún ante la ausencia de una señal de entrada. Estas variaciones pueden aparecer como ruido durante los registros de señales bioeléctricas. Su efecto se puede reducir eligiendo materiales adecuados, o como en la mayoría de los casos, por medio de un tratamiento especial como el recubrimiento de los electrodos por métodos electrolíticos para mejorar su estabilidad.

Se ha encontrado que, electroquímicamente, los electrodos de plata-cloruro de plata son los más estables. Este tipo de electrodos se fabrican recubriendo una pieza de plata pura con cloruro de plata. El recubrimiento se hace colocando la pieza de plata limpia dentro de una solución de cloruro de sodio libre de bromuro. Una segunda pieza de plata es colocada en la solución, y ambas son conectadas a una fuente de voltaje de modo que

el electrodo a ser clorurado sea más positivo respecto del otro. Los iones de plata se combinan con los iones de cloruro de la sal para producir moléculas neutrales de cloruro de plata que recubren al electrodo. Algunas variantes de ese método se utilizan para fabricar electrodos con características específicas.

La impedancia, que es una de las características más importantes de los electrodos, está representada en los circuitos equivalentes mostrados en las figuras 4.2.1 y 4.2.2 como función de valores fijos de resistencia y capacitancia. Desafortunadamente, la impedancia de los electrodos no es constante, es dependiente de la frecuencia, por efecto de la capacitancia. Además, tanto el potencial de electrodo como la capacitancia, son variables debido a un efecto llamado polarización.

La polarización es resultado del paso de una corriente directa a través de la interfase metal-electrolito que ocasiona la ruptura del equilibrio iónico del electrodo. Algunos electrodos están diseñados para evitar o reducir este efecto; en ellos se utilizan métodos electrolíticos de recubrimiento como el antes descrito. Este tipo de electrodos se conocen como impolarizables o reversibles.

Para minimizar los efectos de la polarización de los electrodos y de las variaciones de su impedancia, se procura que la impedancia de entrada del amplificador al cual se conectarán los electrodos sea muy alta.

El tamaño y el tipo de electrodo son también importantes para la determinación de su impedancia. Los electrodos grandes tienen impedancias bajas. Los electrodos de superficie presentan generalmente impedancias entre 2 y 10 Kiloohms, mientras que los electrodos pequeños de aguja o los microelectrodos tienen impedancias mucho más grandes.

Los electrodos superficiales, tal como su nombre lo indica, son aquellos que se colocan sobre la superficie de la piel, adicionando o no, una pasta conductora o electrolito. Son de fácil y rápida colocación y remoción y no causan molestias al tejido.

Existen electrodos superficiales de muy variadas formas y tamaños; los más comunes son los de placa metálica, generalmente rectangulares (de 3.5 por 5 cm) o circulares (de 5cm de diámetro) y de distintos materiales, como cromo, aleaciones plata-níquel o acero platinado-niquelado. Los primeros electrodos de este tipo, de los cuales se tiene conocimiento, datan de 1910. Originalmente, los electrodos no se colocaban de manera directa sobre la piel, se interponía algodón o toallas humedecidas con una solución salina de alta concentración, que más tarde fue sustituida por pastas conductivas o electrolitos. Una variante de este tipo de electrodos son los adhesivos de pantalla metálica. Estos consisten en una pequeña malla o pantalla de metal recubierta en su parte posterior por una cinta adhesiva que tiene una doble función: fijar el dispositivo sobre la piel y evitar que el gel se evapore.

Otro tipo de electrodos de superficie, muy antiguo pero aún en uso, es el electrodo de succión. Consiste de una bombilla de hule (encargada de desarrollar una presión vacuométrica para la sujeción del dispositivo) acoplada a una semiesfera metálica que entra en contacto directo con la piel.

Los electrodos antes mencionados presentan un problema común, la sensibilidad al movimiento. Aún el más leve movimiento o deslizamiento del electrodo sobre la piel ocasiona un adelgazamiento de la película de pasta conductiva (electrolito o gel) lo cual se traduce en una variación del potencial del electrodo y de su impedancia.



El electrodo flotante, que también se cuenta entre los electrodos de superficie, está diseñado para eliminar los efectos del movimiento. Esto se logró evitando que la placa metálica que constituye al electrodo entre en contacto directo con la piel haciendo que la única trayectoria conductiva entre el metal y el tegumento sea el gel. Este electrodo está formado por un pequeño disco de plata-cloruro de plata colocado dentro de un capuchón de plástico que lo mantiene separado de la piel y deja un espacio para el electrolito (figura 4.2.3), el encapsulado plástico tiene una pestaña con adhesivo para la colocación de este dispositivo.

Dentro de los electrodos de superficie, hay algunos que tienen aplicaciones específicas y por ello ciertas características especiales; por ejemplo el de clip para oreja, que es una pequeña pinza de presión utilizada como electrodo de referencia para mediciones de potenciales cerebrales. Otro ejemplo es el electrodo de mecha, usado cuando es necesario tomar registros sobre órganos internos o regiones delicadas del cuerpo (como la superficie del globo ocular). Consiste en una pieza metálica que en su extremo tiene una mecha muy suave saturada de electrolito. Por último se tienen los electrodos especiales para cuero cabelludo y pueden ser de dos tipos, de disco (de 7 a 8 mm de diámetro) o pequeñas esferas de soldadura (figura 4.2.4), montadas sobre una película metálica.

El acupuntoscopio tiene por objeto, como ya se ha establecido, determinar la ubicación precisa de puntos activos que se utilizan en acupuntura; para ello se ha definido que se cuenta con un electrodo que trabaja como punta de prueba, encargada de "rastrear" sobre la oreja la presencia de puntos, y de un electrodo de referencia. La punta es un elemento no invasivo, cuya función es medir la impedancia de la piel en el punto de contacto respecto a la referencia, que se encuentra tocando directamente la piel limpia y sin ningún

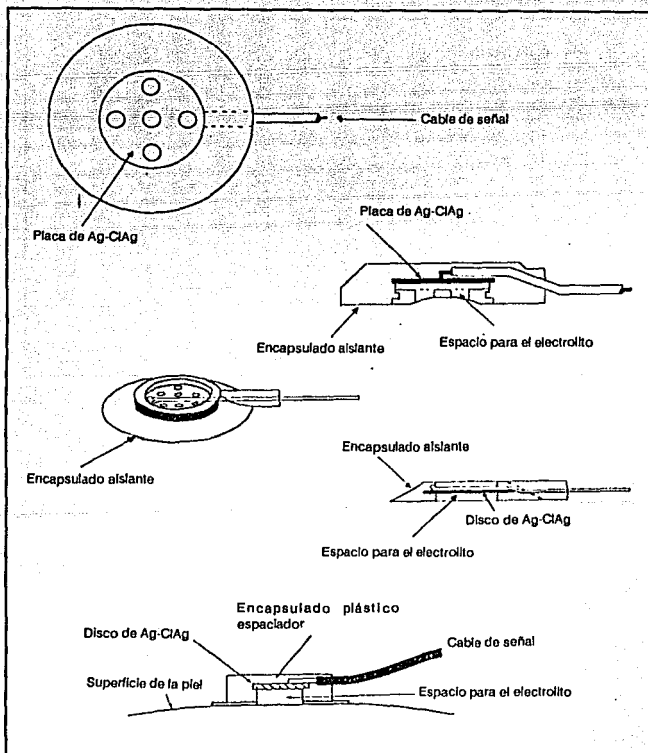


Tabla 4.2.3 Diagrama del electrodo flotante

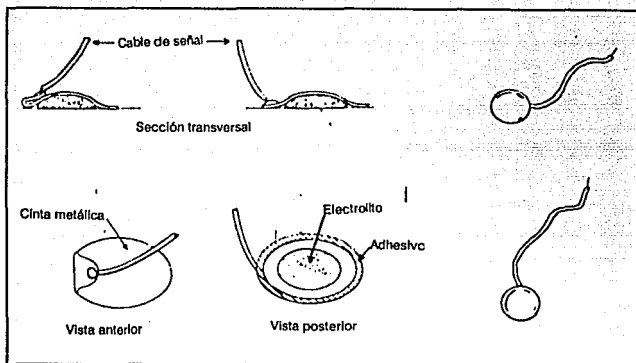


Fig. 4.2.4 Electrodo especiales para cuero cabelludo

tipo de electrolito o gel, pues se debe recordar que la función de este es reducir al máximo la impedancia de la piel para que cualquier señal interna pueda ser registrada por un electrodo, y el principio de operación del acupuntoscopio se basa en la medición de la impedancia propia del tegumento.

Como electrodo para la punta de prueba se selecciona el de plata- cloruro de plata (Ag-ClAg), por su estabilidad iónica.

Por otra parte, para la referencia se elige un electrodo superficial tipo disco flotante, también de Ag-ClAg, y en este caso se utiliza un gel comercial, para reducir al máximo la impedancia que se presenta en la interfase de la referencia y conseguir que la señal de salida (para cerrar el circuito instrumento-electrodo-piel-referencia-instrumento) no se vea alterada por una impedancia extra.

Finalmente, en la figura 4.2.5 se presenta el diagrama correspondiente para la punta de prueba.

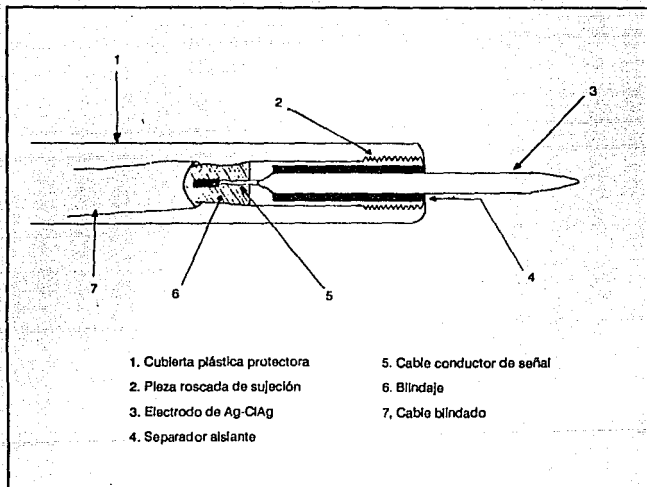


Fig. 4.2.5 Punta de prueba del acupuntoscopio



#### **4.3 Características y selección de los amplificadores utilizados en aplicaciones biomédicas**

Por lo general los amplificadores se utilizan para amplificar, o agrandar, las señales que se desean detectar. Los amplificadores pueden usarse para eliminar el ruido empleando el concepto del rechazo a modo común. Otra aplicación de los amplificadores consiste en proporcionar aislamiento; o sea, pueden emplearse para proteger a los pacientes o a los instrumentos de elevaciones repentinas de corrientes o voltajes, que pueden considerarse como "ruido" en cierto sentido, ya que definitivamente son señales indeseables. Los amplificadores también son útiles para la igualación de impedancias, es decir, para resolver los problemas que se presentan cuando se tiene una fuente de alta impedancia de salida o un detector de baja impedancia de entrada, cuando lo ideal es tener lo contrario.

El amplificador operacional (op amp), es un amplificador de alta ganancia diseñado para utilizarse en circuitos realimentados de operación estable predecible, la cual está determinada por componentes externos y configuraciones específicas, más que por la ganancia de malla abierta del amplificador. La figura 4.3.1 muestra el símbolo de un amplificador operacional diferencial y su respuesta en lazo abierto.

Ya que no existe un amplificador operacional ideal, se ha desarrollado una amplia variedad de éstos para cubrir uno o varios de los requerimientos de una aplicación específica. Así los grupos más comunes de amplificadores operacionales son:

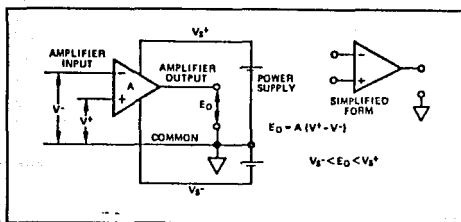


Fig. 4.3.1 Amplificador Diferencial en lazo abierto

1. De propósito general
2. Con entrada FET, baja corriente de polarización
3. Electrómetros (la más baja corriente de polarización)
4. Alta precisión, baja corriente de deriva diferencial
5. Tipo Chopper (la más baja corriente de deriva)
6. Amplio ancho de banda
7. Salida alta
8. Aislamiento

Para interfase de transductores, las categorías 1, 2 y 4 son las más relevantes, las 3 y 5 las más comúnmente requeridas, la 8 utilizada con frecuencia, la 6 menos común y la 7 aplicable en requerimientos especiales. Las especificaciones claves para cada aplicación son offset de entrada, derivas de offset con respecto a tiempo, temperatura y fuente de voltaje, corrientes de polarización de entrada y deriva, y rechazo a modo común;

otros como ganancia en malla abierta, ancho de banda, ruido y estabilidad en realimentación, también deben ser considerados.

El offset es un pequeño voltaje, de décimas de microvolts a milivolts, que aparece en serie con las entradas de un amplificador operacional (figura 4.3.2); y que actúa como un voltaje que se aplica a la terminal positiva y por tanto es amplificado por el dispositivo. El voltaje de offset no es absolutamente estable, presenta derivas con el tiempo, temperatura y variaciones de la fuente de alimentación. Esta última no es tan relevante, ya que puede evitarse con la utilización de una fuente de alimentación estable. Las derivas respecto a temperatura (tempco - coeficiente de temperatura) se localizan en un intervalo de décimas de microvolt por  $^{\circ}\text{C}$  a décimas de millivolt por  $^{\circ}\text{C}$ .

El error por derivas se expresa como un porcentaje sobre un intervalo (o intervalos) de las temperaturas de operación de los amplificadores. Cuando se requiere una gran estabilidad con respecto a temperatura, se recomienda el uso de choppers (troceadores)

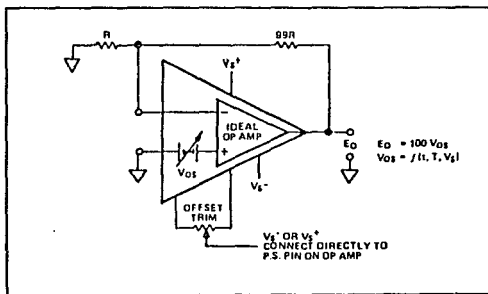


Fig. 4.3.2 Voltaje de offset en un amplificador operacional, y circuito utilizado para medirlo directamente



La corriente de polarización es la corriente de DC que debe circular por las terminales de entrada de un amplificador operacional; en algunos casos es una corriente de fuga (*leakage*), y en otros casos es la corriente requerida por un transistor bipolar para polarizarse. La corriente fluye por la circuitería externa del amplificador operacional y genera un voltaje en las resistencias o bien modifica las razones de cambio del voltaje en los capacitores ("circuitos abiertos"). Por ejemplo, una corriente de polarización de 10 nA ( $10^{-9}$  A) que fluye a través de una resistencia de realimentación de 1 Mega-ohm, conectada a la entrada negativa de un amplificador, provoca un voltaje de offset de salida de 10 mV. Para obtener bajas corrientes de polarización se utilizan amplificadores cuya entrada este provista de FETs.

El rechazo a modo común afecta a la capacidad del amplificador para trabajar señales de modo común, cuando la entrada positiva es la activa. Un amplificador operacional ideal, debe responder únicamente a la diferencia de voltaje que se presenta entre sus terminales. Sin embargo, debido a pequeñas diferencias en la sensibilidad de las entradas positiva y negativa, o a variaciones en el voltaje de offset como una función del nivel de modo común, se presentan voltajes de modo común en la salida. Si el voltaje de error a la salida, debido a la magnitud conocida de un voltaje de modo común de entrada (CMV), se refiere a la entrada (dividiéndolo entre la ganancia de lazo cerrado del amplificador), este se refleja como un voltaje de error de modo común (CME) en serie con las entradas.

La relación de rechazo a modo común (CMRR), se define como el coeficiente del voltaje de modo común entre el voltaje de error de modo común. El rechazo a modo común (CMR), se expresa logarítmicamente como:

$$\text{CMR (en decibeles)} = 20 \log_{10} \text{CMRR}$$

La especificación precisa del CMR es complicada, ya que el voltaje de error de modo común puede ser una función no lineal del voltaje de modo común (y puede variar con la temperatura).

Un amplificador de instrumentación, al igual que un amplificador de propósito general, es un bloque de ganancia, generalmente caracterizado por una baja corriente de deriva, alto rechazo a modo común, alta impedancia de entrada y con gran estabilidad para operar en intervalos de ganancia entre 1 y 1000. La ganancia es una función de la razón de dos resistencias, mismas que no tienen conexión común con las entradas. El valor de ganancia se obtiene al ajustar o conmutar la razón entre dichas resistencias. Algunos dispositivos requieren que las resistencias sean externas, otros solamente requieren conectar una resistencia externa y otros más cuentan con un conjunto interno de resistencias, que permiten programar la ganancia, mediante jumpers, interruptores o lógica digital (figura 4.3.3).

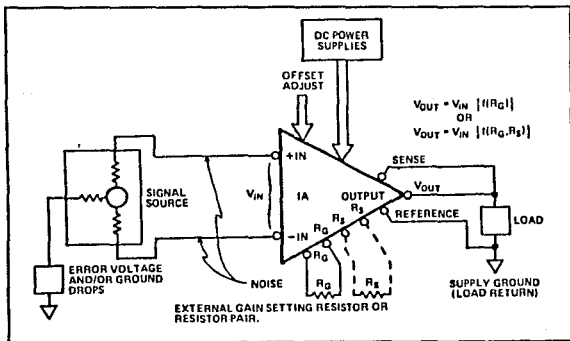


Fig. 4.3.3 Amplificador de Instrumentación básico, diagrama funcional

Como se muestra en la figura 4.3.3, un amplificador de instrumentación tiene dos entradas de alta impedancia, un conjunto de terminales para seleccionar la resistencia o resistencias de ganancia, con excepción de aquellas unidades que pueden programarse, un par de terminales de realimentación, etiquetadas "sense" (sensado) y "reference" (referencia), un conjunto de terminales de ajuste para offset y en algunos casos una terminal de guarda, misma que se utiliza para proveer de una guarda al conductor y reducir problemas de ruido provocados por desbalance, fuga y capacitancia.

Teóricamente, cuando la entrada de un amplificador es cero, la salida debe ser cero. Si el amplificador ha sido ajustado a cero cuando  $V_{IN} = 0$ , cualquier error relativo a  $V_{IN}$  que aparezca a la salida, se conoce, como ya se mencionó, como voltaje de error de modo común. La capacidad del amplificador para minimizar este error, es lo que se conoce como rechazo a modo común (CMR), una cantidad que se expresa logarítmicamente en decibeles. El CMR se especifica usualmente a 60 Hz con una fuente desbalanceada cuya impedancia es de 1 kilo-ohm.

El amplificador de instrumentación tiene una entrada diferencial balanceada. Esto significa que el voltaje de salida es proporcional a la diferencia entre los voltajes de entrada; y que las terminales de entrada, que presentan una alta impedancia a la fuente, son eléctricamente similares. Un alto rechazo al modo común significa que el amplificador es sensible únicamente a la diferencia de los voltajes de entrada, aún si éstos oscilan sobre un intervalo amplio, y la diferencia es muy pequeña. Por ejemplo, si la entrada de modo común es un voltaje que oscila entre  $\pm 10$  V, la diferencia de la señal es de 10 mV, la ganancia es 1000, y se requiere un voltaje de error de modo común de 1mV, la relación de rechazo al modo común (CMRR), es decir, la relación de la ganancia de la señal en

modo común, deberá ser  $1000/0.0001 = 10$  millones. Expresada logarítmicamente, se tendrá que, el rechazo al modo común es  $20 \log_{10} (10)^7 = 140$  dB, en este caso.

Ya que los amplificadores de instrumentación tienen entradas diferenciales, son muy útiles cuando se requiere registrar señales de transductores, balanceadas (como las proporcionadas por puentes de medición) o desbalanceadas (terminal sencilla, single ended, con retorno a tierra). Se encuentran disponibles en una amplia variedad de formas, que van desde los monolíticos e híbridos hasta módulos discretos. Aquellos cuyas especificaciones se encuentran en intervalos como coeficientes térmicos de offset de  $0.5$  mV / °C, rechazo a modo común de  $100$  a  $140$  dB, no linealidad del orden de  $0.01$  %, son los más recomendables para la mayoría de las aplicaciones de instrumentación que hacen uso de puentes como elementos de medición. En aplicaciones de alta precisión, los problemas se incrementan cuando los bajos niveles de deriva y los errores de modo común son excesivos.

Las especificaciones más relevantes que deben ser consideradas para seleccionar un amplificador de instrumentación son ganancia, offset, corriente de polarización y relación de rechazo a modo común.

Un amplificador de aislamiento es útil para aplicaciones en las que la fuente de entrada tiene un alto potencial con respecto al circuito acondicionador de señal, para mediciones de alta precisión en presencia de altos voltajes de modo común, para recepción de señales de línea que provienen de ambientes altamente ruidosos o cuando se requiere que no existan conexiones galvánicas entre la entrada y el circuito de instrumentación, caso que se presenta típicamente en aplicaciones médicas, en las que el nivel de seguridad que se brinde al paciente debe ser extremo. Las principales aplicaciones de estos dispositivos

se encuentran en ambientes eléctricos asociados con equipos médicos, plantas eléctricas convencionales y nucleares, equipo de prueba automático, control industrial de procesos y en equipo portátil de instrumentación de campo.

Un amplificador de aislamiento es aquel en el que no existe una ruta galvánica entre la combinación de entrada, salida y fuente, así como una capacitancia mínima, con lo que se evita cualquier flujo de corriente de DC y acoplamiento mínimo de señales de AC. El amplificador típico, aísla a la entrada tanto de la fuente de alimentación como de la salida (2 puertos de aislamiento); algunos dispositivos presentan tres secciones (3 puertos de aislamiento). El aislamiento puede, en teoría, ser proporcionado por cualquier vía de transferencia de energía, acústica, óptica, magnética, etc. La figura 4.3.4 es un diagrama de un amplificador de aislamiento con tres puertos, uno de los cuales es la fuente de alimentación, otro el frente de entrada y por último la salida del amplificador.

Las especificaciones claves para un amplificador de aislamiento pueden dividirse en dos campos: las de funcionamiento y las referentes a aspectos de aislamiento. Las de funcionamiento son similares a las definidas para los amplificadores de instrumentación, agregando las siguientes:

CMR para entrada y salida, indica la capacidad para rechazar voltajes de modo común entre las terminales de entrada y de salida. Esta característica es muy importante cuando se van a trabajar voltajes de entrada muy pequeños en ambientes con voltajes de modo común muy altos.

CMR de entrada a guarda, determina la capacidad para rechazar voltajes diferenciales entre la señal baja y la guarda. Debe considerarse en aplicaciones en donde la guarda no se conecta directamente a la señal baja o referencia.

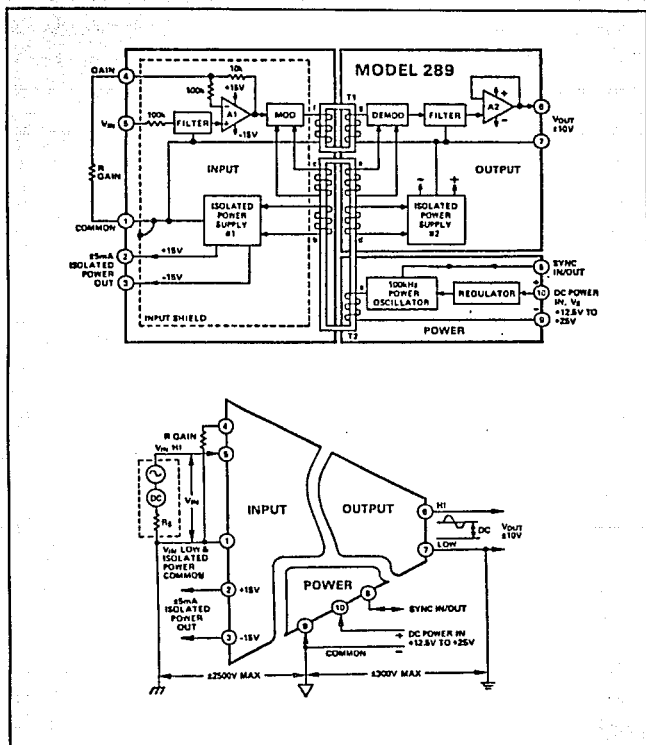


Fig 4.3.4 Configuración típica de un amplificador de aislamiento (a) diagrama de bloques, (b) diagrama funcional simplificado

Entrada de máxima seguridad diferencial, es el voltaje máximo que puede aplicarse en forma segura entre las terminales de entrada. Es importante considerarlo para diseños de protección en caso de falla en presencia de altos voltajes de falla.

Corriente de fuga, es la máxima corriente de fuga de entrada cuando se aplica el voltaje de línea o alimentación. Este parámetro es el más importante para la seguridad de los pacientes en aplicaciones médicas.

Por otra parte, para el proceso de selección del amplificador de entrada utilizado, se han considerado los siguientes puntos:

- el dispositivo es alimentado por dos baterías de 9 V, con lo que se anulan los riesgos por flujo de corriente por malla a tierra y peligro por descarga de alto voltaje.

- Se hace uso de electrodos superficiales no invasivos.

- Se han utilizado cables blindados para el transporte de la señal al circuito de medición y retornos de tierra (referencia).

- El diseño electrónico está provisto de una fuente de corriente constante que limita la circulación de niveles peligrosos de corriente al cerrar el circuito entre los electrodos (punta de rastreo y referencia) vía piel del paciente, tomando un valor mínimo de resistencia de la piel de 1 kilo-ohm.

- Se cuenta con un filtro de rechazo de banda de 60 Hz para minimizar el efecto del ruido que comunmente se presenta a dicha frecuencia.

- La señal de entrada es proporcionada por un circuito puente, que detecta la variación de la resistencia cutánea en los puntos activos y, por lo tanto, es considerada de bajo nivel.

- Los parámetros de diseño y estándares planteados en el subcapítulo 4.1.1.

De tal forma que para el desarrollo del frente de entrada del sistema se ha elegido un amplificador TL071, de bajo ruido, entrada JFET ( $10^{12}$  ohms de impedancia de entrada), con CMRR de 100 dB, bajo nivel de *offset*, corriente de fuga de 200 pA máxima y tiempo de excursión (*slew rate*) de 13 V/μs.





#### 4.4 Filtrado

En el registro de cualquier tipo de señales o parámetros, y en especial cuando se trabaja con eventos bioeléctricos, aún cuando el diseño de los instrumentos sea bueno, se puede presentar ruido en la señal de salida. El origen del ruido puede ser de tres tipos: del instrumento, del medio y fisiológico.

En lo que respecta al instrumento, es labor del diseñador minimizar las fuentes de ruido, utilizando para ello amplificadores con alto CMRR, cables de señal blindados y aterrizaje adecuado.

En el medio, la interferencia eléctrica inducida por las líneas de voltaje, es probablemente el problema más significativo dentro de la medición de señales de bajo nivel. Las líneas de alimentación, los transformadores y otros instrumentos eléctricos, radían señales que se acoplan al individuo, que al ser conectado mediante un electrodo al instrumento, induce ruido al mismo. El cuerpo humano, los electrodos y el instrumento forman una malla, susceptible a interferencia electromagnética.

La piel humana es una fuente de potenciales eléctricos, que pueden cambiar por factores fisiológicos o por causas externas, como lo es el movimiento. Por lo general, un potencial de 25 mv de DC aparece en la piel al colocar un electrodo sobre ella. Este voltaje, se debe en parte, a los potenciales generados en las capas epidérmicas y a los potenciales electroquímicos generados en la interfase piel-electrolito-electrodo (potenciales de Nernst). Estos potenciales, según la experiencia en electroencefalografía (ECG), pueden

eliminarse fácilmente al agregar filtros paso-altas al sistema de medición. El problema no es tan sencillo cuando se tiene movimiento en la interfase piel-electrodo, ya que en estos casos, la señal resulta en un voltaje de error constante, que no puede ser filtrado. Muchos investigadores recomiendan utilizar técnicas que mantengan fijo al electrodo y en constante contacto con la piel.

Por otra parte, el cuerpo humano por sí mismo genera un ruido "muscular", producto del movimiento interno del tejido muscular; es similar en amplitud a las señales manejadas en electroencefalografía pero ocurre a altas frecuencias. Este ruido puede ser significativamente reducido si se colocan los electrodos "lejos" de grupos musculares o bien si se limita al ancho de banda de trabajo, siempre y cuando la detección de la señal lo permita.

Existen otras señales fisiológicas de distintas frecuencias que, en un momento dado, para los propósitos del detector de acupuntos, se traducen como ruido. La tabla 4.4.1 presenta las principales señales fisiológicas y sus características.

#### Técnicas de reducción de ruido utilizadas

Para el instrumento, como ya se explicó en los subcapítulos precedentes, se han utilizado cables blindados para los electrodos, un adecuado sistema de tierras y amplificadores con CMRR superior a 90 dB.

Con el propósito de minimizar el efecto del ruido durante la medición, se evita el movimiento en el electrodo de referencia utilizando una pasta conductora (gel comercial) que garantiza el contacto eléctrico, se sujeta con una cinta adhesiva y se coloca en sitios

## Potenciales Bioeléctricos

### Electroencefalograma

Intervalo de frecuencia : DC a 100 Hz; las componentes de diagnóstico se localizan entre 0.5 Hz hasta 60 Hz. Intervalo normal de señal : 15 a 100 microvolts.

### Electromiograma (Señal primaria)

Intervalo de frecuencia : 10 a 200 Hz. Duración del pulso: 0.6 a 20 milisegundos

### Electromiograma (Promediado)

Se obtiene del promedio de la señal primaria, después que se realiza una rectificación de onda completa.

### Electroretinograma

Intervalo de frecuencia : DC a 20 Hz. Amplitud normal de la señal : 0.5 microvolts a 1 milivolt.

### Electrocardiograma

Intervalo de frecuencia: 0.05 a 100 Hz. Intervalo de la señal: 10 microvolts (feto) a 5 milivolts (adulto)

### Electronistagmograma

Directo: Intervalo de frecuencia de 0 a 20 Hz. Amplitud típica 100 microvolts por cada 10° de movimiento ocular. Velocidad: Intervalo de frecuencia de 0 a 20 Hz.

### Presión Arterial

Medición directa: Intervalo de frecuencia: DC a 200 Hz, adecuado de DC a 60 Hz  
Medición Indirecta: Por auscultación, intervalo de frecuencia de 30 a 150 Hz. Por palpación, intervalo de frecuencia de 0.1 a 60 Hz.

Tabla 4.4.1 Principales señales fisiológicas

donde no existen grupos musculares de importancia (en general en la parte posterior de la oreja de las distintas especies). Al tenerse contactos puntuales del electrodo de rastreo con la piel el ruido generado por rozamiento no es un factor importante a considerar.

En cuanto a la interferencia que ejerce el medio y dado que instrumento, paciente y médico se encuentran inmersos en un ambiente "contaminado" por señales de 60 Hz, se requiere un filtro que elimine las señales de esta frecuencia. Se sugiere utilizar un supresor de banda de tipo Notch o de muesca, centrado precisamente en 60 Hz. El diagrama eléctrico para el filtro propuesto se presenta en la figura 4.4.1.

En la figura se observa que el filtro es una variación de un amplificador diferencial básico, en el que se incluye una red, formada por dos resistencias y dos capacitores, para simular un circuito RLC. A la frecuencia de resonancia (frecuencia que se desea suprimir), el comportamiento del circuito será equivalente al de una resistencia. Mientras la frecuencia de la señal de entrada difiere de la frecuencia de resonancia de la red, el amplificador diferencial se encuentra desbalanceado y debido a este desbalance se obtiene una señal de salida. Cuando se presenta a la entrada del filtro una señal cuya frecuencia corresponde a la frecuencia de resonancia de la red, el puente se balancea y por lo tanto no hay señal de salida.

La función de transferencia que determina la operación del filtro utilizado es:

$$A_{vc} = \frac{V_o}{V_i} = \frac{j 2 \pi C_2 R^2 (f^2 - f_0^2)}{f (R + R_3) + j 2 \pi C_2 R^2 (f^2 - f_0^2)}$$

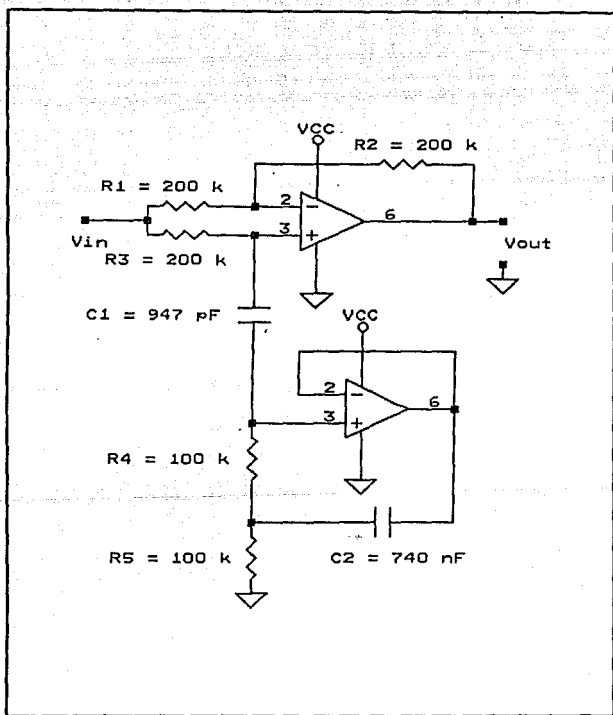


Fig 4.4.1 Filtro Notch con frecuencia de supresión de 60 Hz

donde  $R = R_4 = R_5$  y  $f_0$  es la frecuencia de supresión y está dada por la siguiente relación matemática:

$$f_0 = \frac{1}{2 \pi R (C_1 C_2)^{1/2}}$$

Así mismo, la relación que se debe cumplir en el circuito, para la simulación de la red RLC, está dada por:

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4 + R_5} = \frac{R_3}{2R}$$

Para determinar el factor de calidad del filtro:

$$Q = \frac{\pi f_0 C_2 R}{2}$$

De acuerdo con las ecuaciones planteadas para el desarrollo del filtro se tiene:

$$R_1 = R_2 = R_3 = 200 \text{ k}$$

$$R = R_4 = R_5 = 100 \text{ k}$$

$$C_2 = 2 * 7 / (\pi * 60 * 100E3) = 742.7 \text{ nF}$$

$$C_1 = 1 / (2 * \pi * 60 * 100E3)^2 C_2 = 947.4 \text{ pF}$$

Por lo que se refiere al ruido de origen fisiológico y considerando que sus frecuencias van de los 10 Hz a los 200 Hz, y con base en un reporte que establece que en humanos, el intervalo óptimo para la detección de acupuntos se encuentra alrededor de los 800 Hz, se propone, en caso de ser necesario, la utilización de un filtro paso banda con alto factor

de selectividad (de 750 Hz a 850 Hz).

En este diseño no se incluyó dicho filtro, porque los resultados obtenidos en la etapa de pruebas fueron satisfactorios y para no limitar el intervalo de frecuencias posibles de trabajo, ya que el acupuntoscopio es un instrumento enfocado principalmente a la investigación en distintas especies animales en las que aún queda por determinar si el ancho de banda de 800 Hz especificado para la detección de acupuntos es el idóneo.

La figura 4.4.2 muestra el circuito para la realización del filtro.

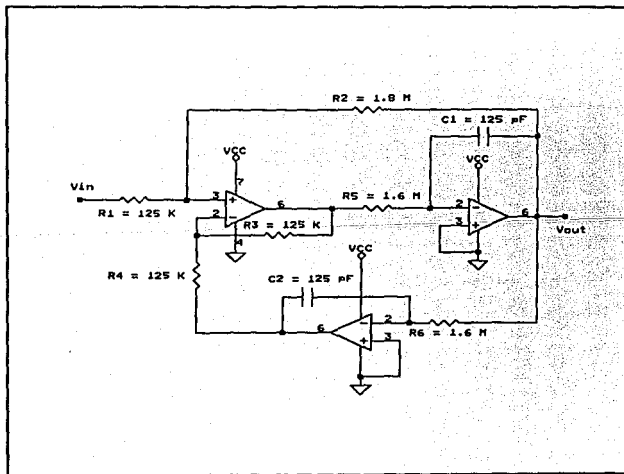


Fig 4.4.2 Filtro paso banda de 750 a 850 Hz





#### 4.5 Diseño de las interfaces analógicas

Para llevar a cabo el proceso de comunicación entre las señales captadas del exterior, propiamente el valor de la resistencia de la piel en puntos activos, con el sistema de medición y de este con los dispositivos indicadores (despliegue, barra de LEDs y zumbador) y de selección (teclado), es necesario el desarrollo de diversas interfaces analógicas y digitales, que se encargarán de proporcionar los niveles de voltaje requeridos para la adecuada operación del sistema.

El diagrama de bloques de la figura 4.5.1, muestra las etapas constitutivas del acupuntoscopio, cuyas interfaces se irán detallando a lo largo del presente capítulo.

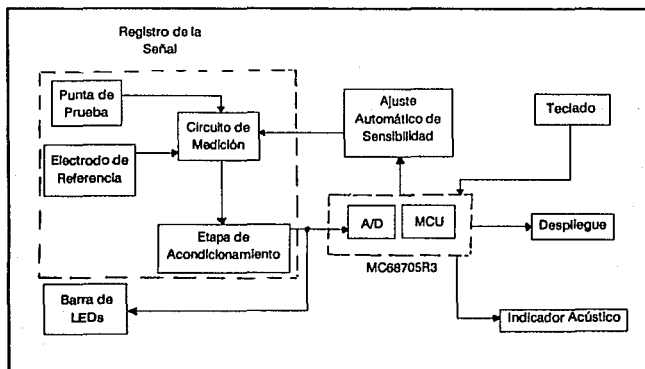


Fig 4.5.1 Diagrama de bloques del acupuntoscopio

## Registro de la señal

La premisa, como ya se ha establecido anteriormente, es el hecho de que un punto activo de acupuntura es un punto en el que se detecta un nivel de resistencia sensiblemente menor al presente en otros puntos del tejido epidérmico.

Así también, se ha hecho mención que el principio de operación del acupuntoscopio es la evaluación de la resistencia de la piel en los puntos activos. Con este fin se presentan distintas opciones para el registro de la variación de la resistencia de la piel, siendo las principales:

### Evaluación de la resistencia por variación de frecuencia

Esta técnica proporciona como salida una señal de frecuencia variable que es función del valor de la resistencia de la piel en el acupunto. Para su aplicación, se tiene un circuito construido alrededor de dos osciladores, uno de los cuales es utilizado para emitir una señal de disparo a un segundo cuya frecuencia generará una señal audible. En el primer oscilador, la resistencia de la piel, registrada por el electrodo, se utiliza como la resistencia que determina la frecuencia de disparo con la que se activa al segundo oscilador (figura 4.5.2). Según se presente, en un punto activo la frecuencia será más alta que en un punto inactivo.

Para nuestros fines, este circuito presenta la desventaja de realizar la medición de la resistencia de la piel de una manera indirecta, porque se tendría que hacer el cálculo de la misma como una función de la frecuencia de disparo del oscilador, presentándose algunos errores significativos y quedando sujetos a las frecuencias de oscilación establecidas.

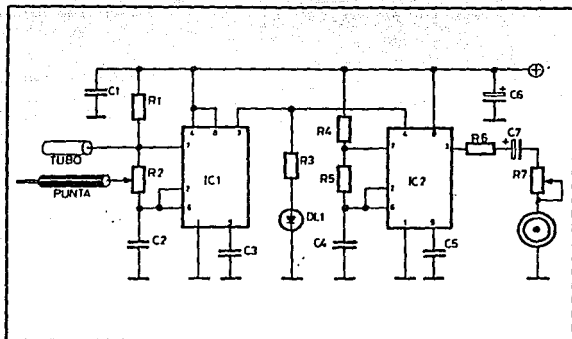


Fig 4.5.2 Medición de resistencia de la piel por variación de frecuencia

Por otra parte si se desea tener control sobre la intensidad de corriente que circula por el electrodo, se debe incluir una resistencia limitadora, que a su vez restringe el valor de la frecuencia de salida.

Evaluación de la resistencia de la piel por variación de voltaje (medición a partir de un circuito puente)

Trabajando bajo este principio se presentan dos opciones de medición, la primera es la utilización de un circuito puente tradicional (puente de Wheatstone) y la segunda, es una variante de éste. El puente de Wheatstone ofrece como salida un cierto nivel de voltaje proporcional al desbalance del puente debido al cambio de valor de una de sus cuatro

resistencias, que es precisamente la que corresponde a la resistencia de la piel. La figura 4.5.3 muestra la opción descrita.

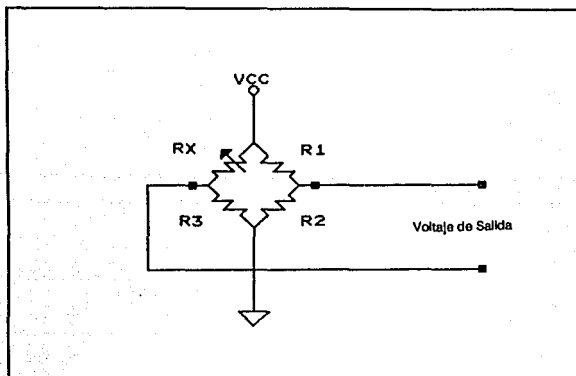


Fig 4.5.3 Puente de Wheatstone

El segundo circuito (fig. 4.5.4), que es también un circuito puente, está desarrollado con base en un amplificador operacional, y de forma similar se aprovecha el cambio en el valor de la resistencia de realimentación para obtener una señal de salida de voltaje proporcional al cambio de resistencia experimentado en la piel al pasar de un punto no activo a un punto activo.

Cualquiera de los circuitos antes descritos podría haber sido utilizado en el desarrollo de este instrumento, por lo cual, la selección del registro de señal estuvo sujeta a la

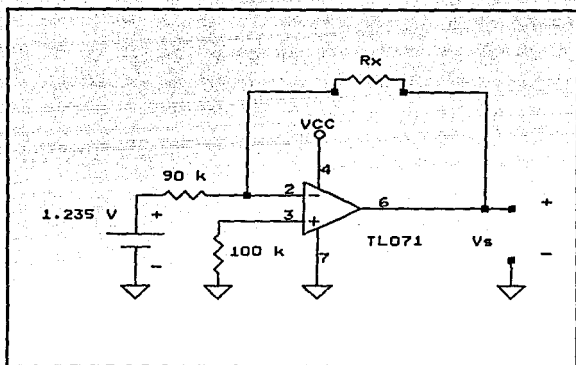


Fig 4.5.4 Circuito puente utilizado para medir la resistencia de la piel con base en un amplificador operacional

consideración de otras necesidades del diseño. El punto más importante fue el referente al ajuste automático de sensibilidad y con base en esto se eligió el circuito puente desarrollado a partir de un amplificador operacional. De esta forma se requiere solamente de la modificación de un elemento del circuito de medición para pasar de manera sencilla a otro umbral de detección, como se explica más adelante.

En el circuito de medición, la punta de prueba entra en contacto con la piel, la cual opone una cierta resistencia al flujo de corriente que proviene del circuito. La malla se cierra con el electrodo de referencia, ubicado lo más cercano posible al punto de entrada, para evitar así que se presente una malla muy grande que como consecuencia provocaría una caída de potencial mayor e incrementaría el riesgo de hacer circular corriente por zonas de importancia vital.

Al puente se le ha incorporado una fuente de corriente constante para tener control sobre la intensidad de corriente que circula a través de la piel al momento de realizar la medición, para cuando se tengan individuos que presenten baja impedancia y que por tal razón sean susceptibles de sufrir algún daño físico considerable.

Por otra parte, respecto a la señal que se inyecta al electrodo, una de las referencias consultadas recomienda para este tipo de mediciones utilizar una frecuencia alterna de 800 Hz. Esta sugerencia no ha sido considerada en el presente desarrollo, porque se está hablando de un prototipo abierto para la investigación y el dato solamente ha sido registrado en un solo artículo, con lo cual no podemos considerarlo como parámetro absoluto. No obstante, en la figura 4.5.5, se propone un circuito para inyectar una señal alterna de 800 Hz al circuito de medición.

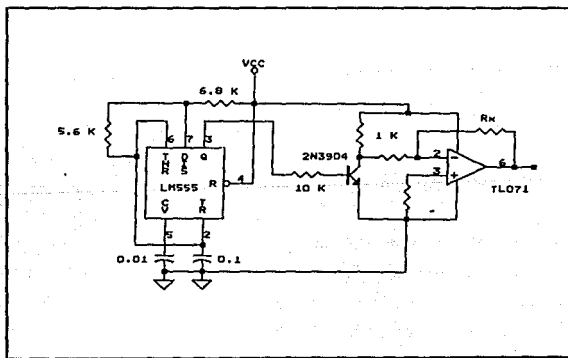


Fig 4.5.5 Suministro de señal de 800 Hz para alimentar al puente de medición

## Acondicionamiento de la señal

Una vez que se ha obtenido una señal de salida, es necesario llevar a cabo un filtrado con el propósito de minimizar el efecto de la interferencia producida por 60 Hz, ya que si bien no se recibe una alimentación de la línea de voltaje, si se trabaja en un ambiente completamente viciado, en el que tanto el paciente como el médico son medios ideales para que el ruido generado por líneas adyacentes se acople al aparato. El filtro es indispensable aunque se cuente con un buen blindaje, ya que puede remover cualquier señal no deseada a la frecuencia indicada, que por algún extraño artificio haya logrado colarse junto con la señal de registro. Los detalles sobre el filtro se han tratado en el subcapítulo precedente.

La siguiente etapa es la correspondiente a la amplificación de la señal de entrada filtrada. Para que el convertidor A/D opere con el mejor intervalo de registro, es necesario que la señal que llega a él posea un nivel de voltaje entre 0 V y 5 V y que los cambios que se registren alcancen niveles adecuados para ser interpretados por el microcontrolador como cambios de resistencia. Debido a que la señal de salida del circuito puente se encuentra entre 0 y 5 V, la etapa de amplificación se desarrolló para compensar las posible atenuación que se obtiene del filtro (figura 4.5.6.)

## Ajuste automático de sensibilidad

Una de las principales ventajas que ofrece el dispositivo desarrollado, es la que se refiere al ajuste automático de sensibilidad. Este ajuste se realiza conceptualmente por programación y la interfase empleada para llevar a cabo su operación real se muestra en la figura 4.5.7.



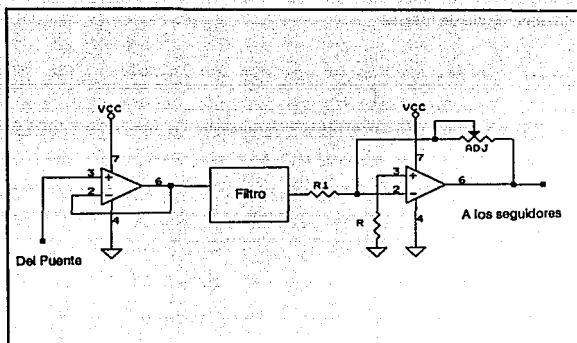


Fig 4.5.6 Etapa de amplificación

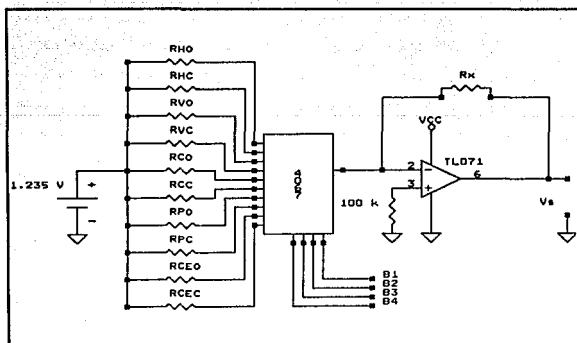


Fig 4.5.7 Ajuste automático de sensibilidad

Una vez que el usuario ha definido la especie y la región con las que va a trabajar, el microcontrolador genera 4 señales para seleccionar alguna de las 16 líneas del multiplexor, asociadas cada una con un valor fijo de resistencia, correspondiente a la R1 del circuito de medición.

### Barra de LEDs

El manejo de la barra de LEDs se realiza mediante el uso de un manejador de LEDs el cual recibe una entrada analógica y proporciona niveles lineales de voltaje que permiten la polarización de cada uno de los 10 LEDs que componen el indicador. En la figura 4.5.8 se presenta el diagrama del circuito correspondiente para el manejo de la barra de LEDs.

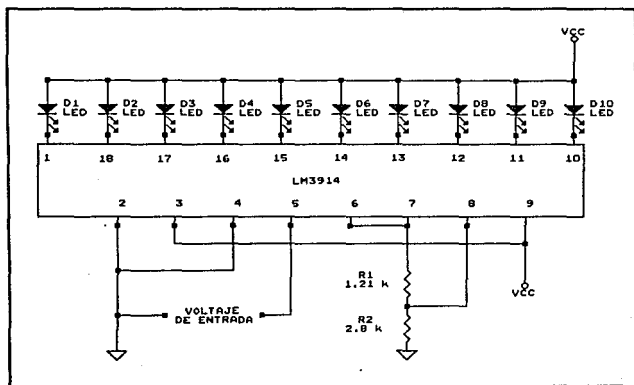


Fig 4.5.8 Circuito manejador de la barra de LEDs

La señal de entrada se toma directamente de la salida proporcionada por el amplificador (la salida de la etapa de acondicionamiento). Para evitar que se produzca una atenuación (por carga de la barra de LEDs) se ha dispuesto la configuración mostrada en la figura 4.5.9, con lo que cada seguidor proporciona el acoplamiento necesario para realizar la conexión.

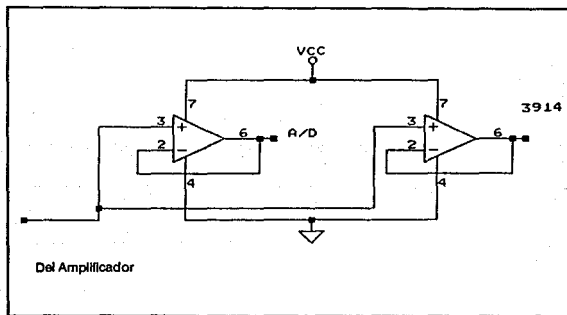


Fig 4.5.9 Seguidores de voltaje conectados a la entrada del convertidor A/D y a la barra de LEDs

El funcionamiento de la barra de LEDs es continuo, por lo que en todo momento estará mostrando el nivel de resistencia que se tenga en el punto.

#### Teclado y despliegue

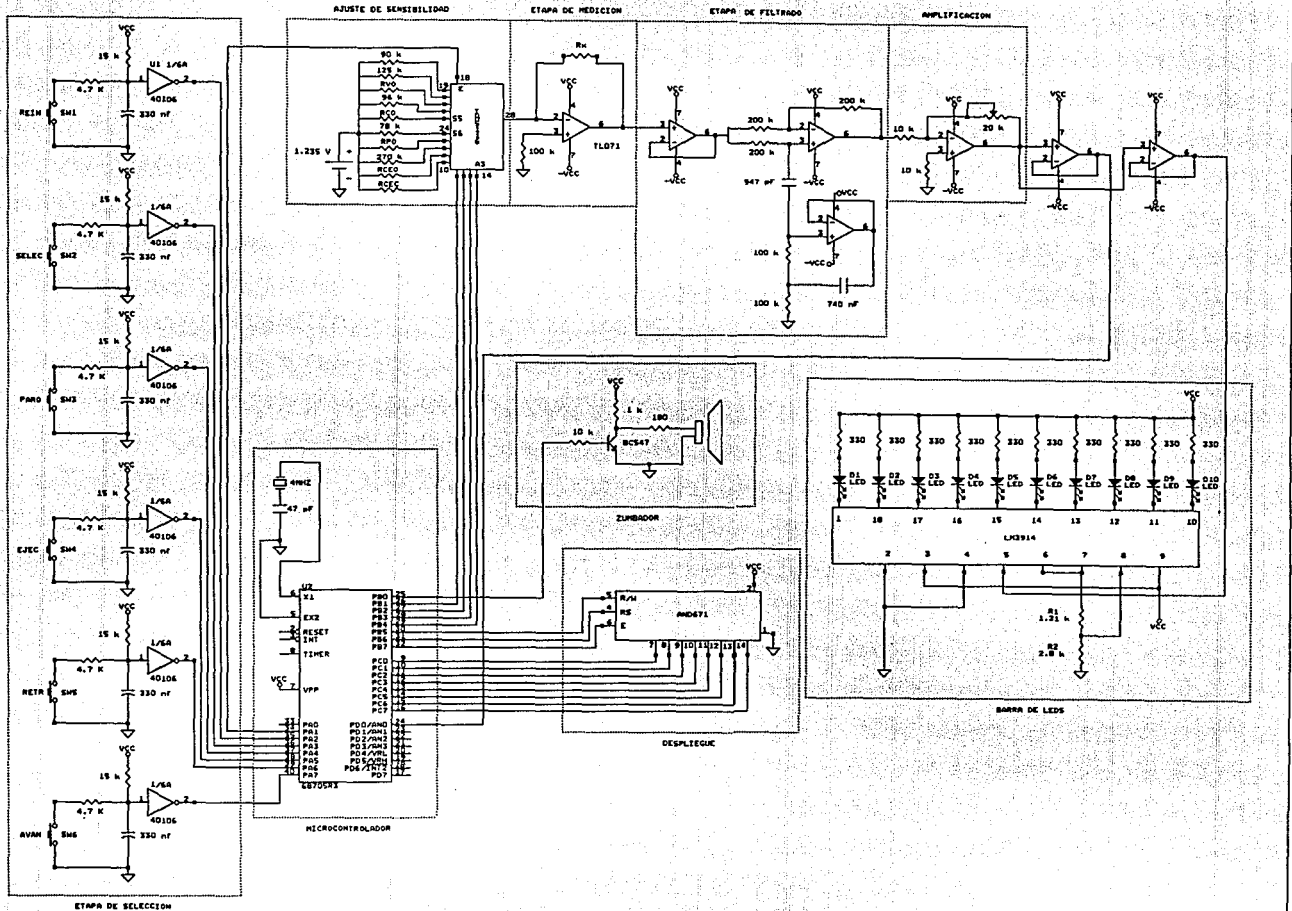
En los subcapítulos referentes a las características, selección y manejo del teclado (5.2) y despliegue (5.3), se habla con mayor detalle sobre los tipos que se manejan y la forma en que interactúan con el microcontrolador. Cabe señalar únicamente, que se ha

requerido un circuito para nulificar el efecto de rebote de teclas, mismo que se describe en el apartado señalado.

#### Indicador Acústico (Zumbador)

La señal que determina la operación del zumbador, se toma directamente del microcontrolador, haciendo uso de un buffer para evitar cargar al puerto. El programa de control define el momento de operación del indicador, que normalmente se encontrará desactivado y al momento de localizar un punto emitirá una señal continua.





## 5. ELECTRONICA SELECCIONADA

### 5.1 Descripción del microcontrolador MC68705R3

La continua evolución tecnológica en el desarrollo de microprocesadores y microcontroladores tiene como resultado una variedad de dispositivos más complejos y más poderosos que ofrecen características de arquitectura similares a las que se observan en las microcomputadoras. La familia motorola MC6800 a M6809, y la familia de microprocesadores de 16 bits MC68000 son un claro ejemplo de este tipo de dispositivos. La experiencia ganada durante esta pujante evolución ha abierto nuevas oportunidades para el diseño de sistemas versátiles con menor número de componentes.

Los microprocesadores orientados al control pueden seguir alguna de estas dos tendencias: basados en calculadora o basados en computadora. El diseño basado en calculadora fue inicialmente considerado como la construcción natural para controladores, ya que a menudo se requería que el controlador fuera una sola unidad completa. Sin embargo, este diseño presenta una arquitectura de memoria dividida con rutas separadas entre CPU y periféricos (memoria, dispositivos de entrada/salida y registros). Adicionalmente la programación de los dispositivos de entrada/salida, despliegue y teclado, es independiente de los datos almacenados en la memoria. Debido a esta separación, se requiere de más de un mapa de memoria, lo que conlleva a la creación de instrucciones de propósito especial que finalmente dan como resultado una arquitectura irregular, poco recomendable. Por otra parte, el grupo de microprocesadores

basados en el modelo de computadora, al que pertenece el MC68705R3, contiene muchas de las características observadas en computadoras. Estos dispositivos poseen un solo canal de datos que permite acceder un mapa de direcciones único eliminando la división de la memoria. En este diseño, todos los dispositivos de entrada/salida, programas y datos pueden accederse con la misma instrucción, lo que implica una considerable disminución del número de éstas.

Actualmente las aplicaciones de las instrucciones únicas se han visto incrementadas por la variedad de los modos de direccionamiento, lo cual define de que manera se accesa cualquier dato requerido para una operación. Por ejemplo, dependiendo de cual modo de direccionamiento se esté usando, el acumulador de un microprocesador puede cargarse con un dato en seis formas distintas. Esta característica ofrece al programador el trabajar con más herramientas pero con menos instrucciones.

Todos los miembros de las familias M6805 HMOS/M146805 CMOS de MCUs y MPUs se encuentran diseñados alrededor de un núcleo común consistente en CPU, temporizador, oscilador, ROM (EPROM, mascarable o no), sección de control (para interrupciones y reset), y cantidades variables de líneas bidireccionales de entrada/salida. Dependiendo del dispositivo se cuenta con otros elementos como son: memoria adicional, convertidor A/D, PLL y líneas adicionales de entrada y salida (figura 5.1.1).

El microcontrolador elegido es de tecnología HNMOS (*High-Density N-Channel Metal Oxide on Silicon*), de velocidad mayor que la ofrecida por dispositivos NMOS o PMOS. Puede considerarse de baja potencia, aún cuando su consumo sea mayor que el ofrecido por los dispositivos CMOS. Es la versión EPROM del MC6805 (tabla 5.1.1).



Tabla 5.1.1 Características de la familia Me8085 HMOS

	Disponible				
	3Q81	3Q81	3Q81	4Q81	1Q82
	MC68705U3	MC68705R3	MC6805T2	MC6805P4	MC146805F2
Tecnología	HMOS	HMOS	HMOS	HMOS	CMOS
Número de Terminales	40	40	28	28	28
Número de Bytes de RAM	112	112	64	112	64
Número de Bytes de ROM	3.8 K EPROM	3.8 K EPROM	2.5 K	1.1 K	1 K
Bus Externo	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno
Líneas Bidireccionales E/S	24	24	19	20	20
Líneas Unidireccionales E/S	8 Entradas	8 Entradas	Ninguna	Ninguna	Ninguna
Otras Líneas E/S	Temporizador	Temp., A/D	Temp., PLL	Temporizador	Temporizador
Versión EPROM	-	-	Ninguna	MC68705P3	Ninguna
Paro/Espera	No	No	No	No	Si

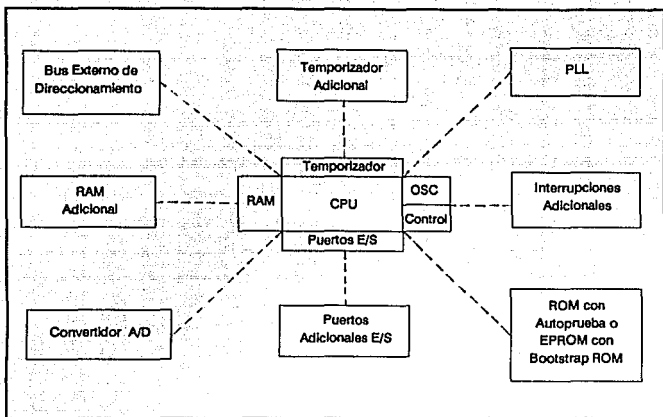


Fig. 5.1.1 Diagrama de bloques de la familia M6805 HMOS/M146805 CMOS

Básicamente, la misión del microcontrolador dentro del acupuntoscopio es ajustar de manera automática la sensibilidad del instrumento y llevar a cabo el control general de sus funciones.

La medición de la resistencia de la piel se realiza analógicamente y la forma en que se integra el medio de control digital de sensibilidad es a través de un convertidor A/D. Este requerimiento determina el uso del MC68705R3, ya que al contar con un convertidor integrado se simplifica el diseño del instrumento, no solo en el aspecto físico sino también en el de programación. A causa del manejo que se le da a la señal dentro del proceso de

localización de puntos de acupuntura y por las características de memoria, programación, entrada/salida del microcontrolador utilizado (mismas que se definen dentro del presente capítulo), el dispositivo elegido cubre las necesidades planteadas por el proyecto.

Como ya se mencionó, el microcontrolador MC68705R3 es un miembro de la familia M6805, circuitos integrados en un solo chip de bajo costo, con memoria EPROM. La memoria EPROM programable por el usuario facilita la programación y modificación de ésta así como una amplia gama de aplicaciones con menor volumen de instrucciones que otras versiones programables mascarables existentes.

Este microcontrolador de 8 bits contiene un CPU, un reloj interno, EPROM, ROM para inicialización (*bootstrap*), RAM, puertos de entrada/salida, convertidor A/D y un temporizador.

Entre sus principales características de hardware se tienen:

- \* Arquitectura de 8 bits
- \* Capacidad de RAM de 112 bytes
- \* Mapa de memoria de entrada/salida
- \* Memoria EPROM de 3776 bytes para el usuario
- \* Temporizador (*timer*) interno de 8 bits con divisor de tiempo (*prescaler*) de 7 bits
  - Divisor programable de tiempo
  - Modos de entrada programables para el temporizador
- \* Cuatro vectores de interrupción
  - 2 externos

- Uno a través del temporizador
  - Uno por software
  - \* Detección de cruce por cero en la entrada de interrupción  $\overline{INT}$
  - \* 24 líneas bidireccionales de entrada/salida compatibles con TTL/CMOS, 8 de las cuales son compatibles con LEDs
  - \* Líneas de entrada digital 2 a 8
  - \* Convertidor A/D
    - Conversión monótonica (*monotonic*) de 8 bits
    - Entradas analógicas multiplexadas 1 a 4
    - +/- 1/2 LSB de error de cuantificación
    - +/- 1/2 LSB de otros errores
    - +/- 1 LSB de error total (máximo)
    - Conversión de razón (*ratiometric*)
  - \* Generador de reloj interno
  - \* Reinicializador (reset) maestro
  - \* Polarización de + 5 volts
  - \* Emula al MC6805R2
  - \* El programa de inicialización en ROM simplifica la programación de la EPROM
- En lo referente al software, se tienen las siguientes características:

- \* Programación similar a la familia M6800

- \* Set de instrucciones por byte
- \* Fácil programación
- \* Manipulación real de bits
- \* Prueba de bits e instrucciones ramificadas
- \* Manejo versátil de interrupciones
- \* Registros versátiles de índices
- \* Poderoso direccionamiento indexado para el manejo de tablas
- \* Juego completo de ramificaciones condicionadas
- \* Memoria utilizable como registros y/o banderas
- \* Instrucción sencilla de examen/cambio de memoria
- \* 10 modos de direccionamiento
- \* Todos los modos de direccionamiento son aplicables en EPROM, RAM, y puertos de entrada/salida

El microcontrolador MC68705R3 es un circuito integrado de 40 terminales (figura 5.1.2), bajo la siguiente asignación:

**V<sub>CC</sub>** y **V<sub>SS</sub>** - son las terminales de polarización del microcontrolador, donde **V<sub>CC</sub> = 5 V** y **V<sub>SS</sub> = 0 V (GND)**.

**$\overline{\text{INT}}$**  - la presencia de señal en esta terminal permite que un evento externo interrumpa asincrónicamente al microcontrolador.

**XTAL y EXTAL** - estas terminales dan acceso al oscilador interno, para generar la señal de reloj que rige la secuencia de operación del dispositivo.

**TIMER/BOOT** - terminal que puede ser utilizada como entrada externa para controlar el circuito temporizador interno, y puede emplearse también para detectar un nivel de voltaje de entrada alto, que sirve para dar paso a la secuencia de inicialización (*bootstrap*).

**RESET** - terminal utilizada para reinicializar la operación del microcontrolador al aplicar un pulso de voltaje bajo.

**V<sub>pp</sub>** - la terminal es utilizada cuando se programa la EPROM. Bajo esta condición debe enviarse el voltaje de programación de la memoria mientras que en operación normal debe conectarse a V<sub>CC</sub>.

**INPUT/OUTPUT LINES (PA0-PA7, PB0-PB7, PC0-PC7, PD0-PD7)** - las 32 líneas correspondientes se encuentran distribuidas en cuatro puertos: A, B, C y D. Los puertos A, B y C pueden programarse como entradas o salidas, según el registro de dirección de datos (DDR). El puerto D tiene 4 entradas analógicas y dos entradas para voltaje de referencia, que se utilizan en conjunto con el convertidor A/D (V<sub>RH</sub>, V<sub>RL</sub>), una entrada  $\overline{\text{INT2}}$  y de 1 a 8 entradas digitales. Todas las líneas del puerto D pueden leerse directamente y utilizarse como entradas binarias. Si se utiliza una entrada analógica, las terminales de voltaje de referencia deben utilizarse también en modo analógico.

## 5.1.1 Principio de Operación

En términos generales, el MC68705R3 presenta el diagrama de bloques mostrado en la figura 5.1.1.1.

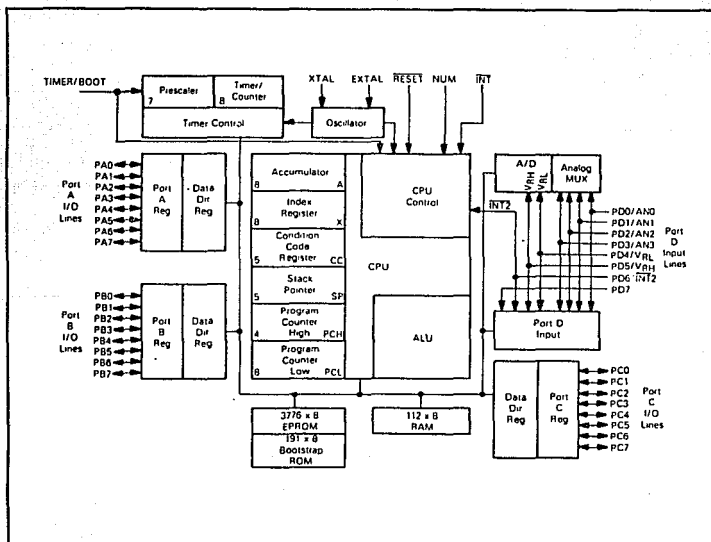


Fig. 5.1.1.1 Diagrama de bloques del microcontrolador MC68705R3

## Memoria

Como se muestra en la figura 5.1.1.2, el microcontrolador es capaz de direccionar, con su contador de programa, 4096 bytes de memoria y registros de entrada/salida. La distribución de los bytes obedece al siguiente arreglo:

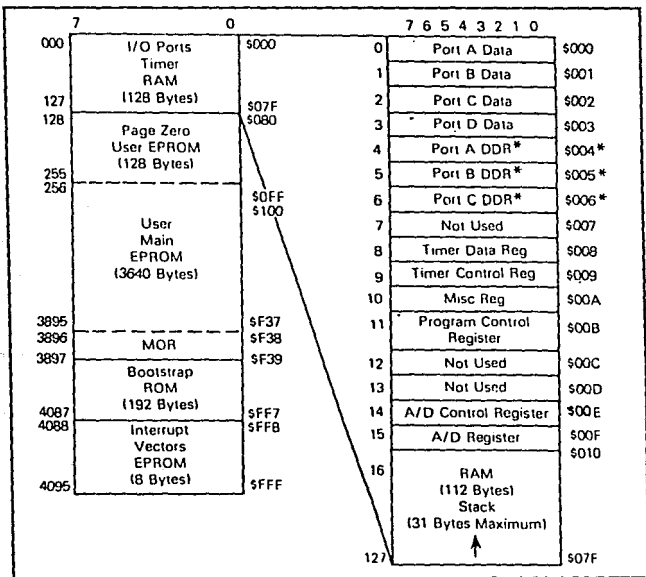


Fig. 5.1.1.2 Mapa de memoria del microcontrolador MC68705R3



#### En EPROM

3776 bytes para programación (usuario)

1 byte para registro opcional de enmascarado (MOR)

#### En ROM

191 bytes para el programa de inicialización (*bootstrap*)

#### En RAM

112 bytes para datos de usuario

7 bytes para entrada/salida

2 registros para el temporizador

2 registros para el convertidor A/D

1 registro misceláneo

1 byte para registro de control de programa

La memoria EPROM de usuario se localiza en dos áreas; el área principal ocupa las localidades \$080 a \$F37, mientras que la secundaria, reservada para vectores de interrupción y reset, se localiza de la \$FF8 a \$FFF. El registro de opción de máscara se encuentra en la localidad \$F38.

El MCU utiliza 13 de las 16 localidades más bajas de memoria para control del programa y características de entrada y salida como son puertos de E/S, puerto DDR, temporizador y registros del convertidor A/D. Los 112 bytes de memoria RAM incluyen localidades para el stack. El área de stack es utilizada durante el proceso de interrupción del MCU y llamado de subrutinas.

## Unidad Central de Proceso (CPU)

La unidad central de proceso, en la familia 6805, es ajena a las líneas de entrada/salida y a la memoria, de tal forma que se puede manejar como unidad central de proceso independiente, que se comunica con las unidades de E/S y memoria, a través de los canales (*buses*) internos de control, direcciones y datos.

### Registros

Para el manejo de información, la unidad central de proceso cuenta con 5 registros internos (figura 5.1.1.3)

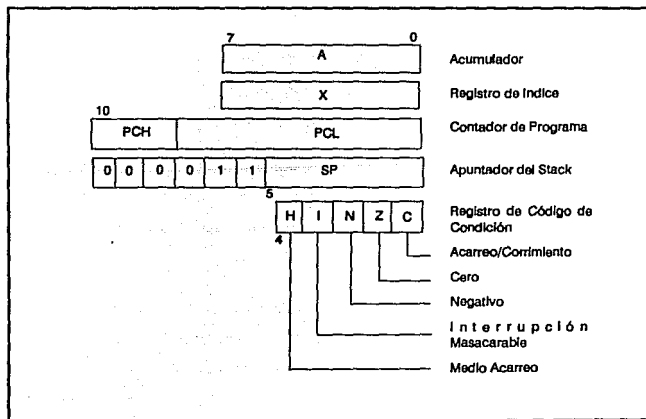


Fig. 5.1.1.3 Registros Internos para manejo de Información

**A - Acumulador** - es un registro de 8 bits de propósito general, utilizado para almacenar operandos y resultados de cálculos aritméticos, o bien para el manejo de datos. El conjunto completo de instrucciones de lectura/modificación/escritura son operables en este registro.

**X - Registro de Índice** - es un registro de 8 bits que se maneja bajo el modo de direccionamiento indexado, puede cargarse directamente o desde memoria. El valor contenido en el registro puede adicionarse al de otra instrucción y crear una dirección efectiva, así mismo su contenido puede ser comparado con el de una localidad de memoria. El registro de índice se utiliza también para manipular datos bajo instrucciones de lectura/modificación/escritura, así como área de almacenamiento temporal, es decir, puede funcionar como un acumulador auxiliar.

**PC - Contador de Programa** - es un registro de 12 bits que contiene la dirección de la siguiente instrucción a ejecutar. Normalmente el PC apunta a la siguiente instrucción secuencial del programa, sin embargo puede ser modificado por interrupciones y cierto tipo de instrucciones. Durante una interrupción el PC se carga con el vector de interrupción apropiado, mientras que en instrucciones de salto o ramificación se traslada para ejecutar la próxima instrucción que no necesariamente es la localizada como siguiente físicamente en la memoria.

**SP - Apuntador del Stack** - es un registro de 12 bits que contiene la dirección de la próxima localidad libre en el stack. Durante el reset al MCU o al ejecutarse la instrucción de reset del apuntador del stack (RSP), su contenido es inicializado con el valor \$07F. Los 7 bits más significativos de este registro se encuentran permanentemente en el valor 000011.

El área de stack, es un espacio de memoria RAM que se utiliza para el almacenamiento temporal de información importante.

Las subrutinas e interrupciones deben ubicarse por debajo de la localidad \$061 (31 bytes máximo), para permitir al programador el uso de hasta 15 niveles de llamadas a subrutina.

**CC - Registro de Código de Condición** - es un registro de 5 bits, de los cuales 4 se utilizan para indicar el resultado de la instrucción recién ejecutada. Los bits del registro pueden evaluarse individualmente por el programa con el fin de ejecutar acciones dependientes del valor de alguno o algunos de ellos. Los 5 bits implicados son:

**H - Medio Acarreo (Half Carry)** - se activa cuando ocurre un acarreo (*carry*) entre los bits 3 y 4 al efectuar las operaciones de ADD y ADC.

**I - Interrupción** - si el bit se encuentra activo, el temporizador y la interrupción externa se enmascaran (deshabilitan); si se presenta una interrupción mientras el bit está activado, ésta se mantiene como tal y se procesa tan pronto como el bit cambie de estado.

**N - Negativo** - cuando se activa, indica que el resultado de la última operación aritmética, lógica o de manipulación de datos fue negativa.

**Z - Cero (Zero)** - un uno lógico en este bit indica que el resultado de la última operación aritmética, lógica o de manipulación de datos fue cero.

**C - Acarreo/Corrimiento (Carry/Borrow)** - al activarse se indica que ocurrió un acarreo o corrimiento fuera de la unidad aritmética lógica (ALU) durante la última operación

aritmética. Este bit también se ve afectado durante las instrucciones de prueba de bit (*bit test*), de saltos (*branch*), de corrimientos (*shift*) y de rotación (*rotates*).

#### Temporizador (*Timer*)

El temporizador del MCU consiste en un contador de 8 bits programable por software, manejado por un divisor de tiempo (*prescaler*) de 7 bits, con pasos seleccionables. Pueden elegirse diferentes opciones para proporcionar las señales de reloj al divisor de tiempo y al contador. La selección del modo de operación del temporizador se lleva a cabo a través del registro de control del temporizador (*Timer Control Register, TCR*) y/o del registro opcional de enmascarado (*Mask Option Register, MOR*). El TCR contiene también a los bits de control de interrupciones. El circuito temporizador del MCU se muestra en la figura 5.1.1.4.

#### Reinicializador (*Reset*)

El MCU puede reiniciarse de dos formas distintas: por interrupción de la alimentación y por una señal externa de reinicio ( $\overline{\text{RESET}}$ ).

El circuito interno conectado a la terminal  $\overline{\text{RESET}}$ , consiste en un disparador de Schmitt (*Schmitt trigger*) que sensa el nivel lógico en la línea de  $\overline{\text{RESET}}$ . El Schmitt trigger proporciona un voltaje interno de reset cuando registra un "0" lógico en la terminal  $\overline{\text{RESET}}$ .

#### Generador de Reloj

El circuito interno para generar el reloj del MCU, ha sido diseñado para utilizar un número mínimo de componentes externos, tales como: una resistencia, un puente entre

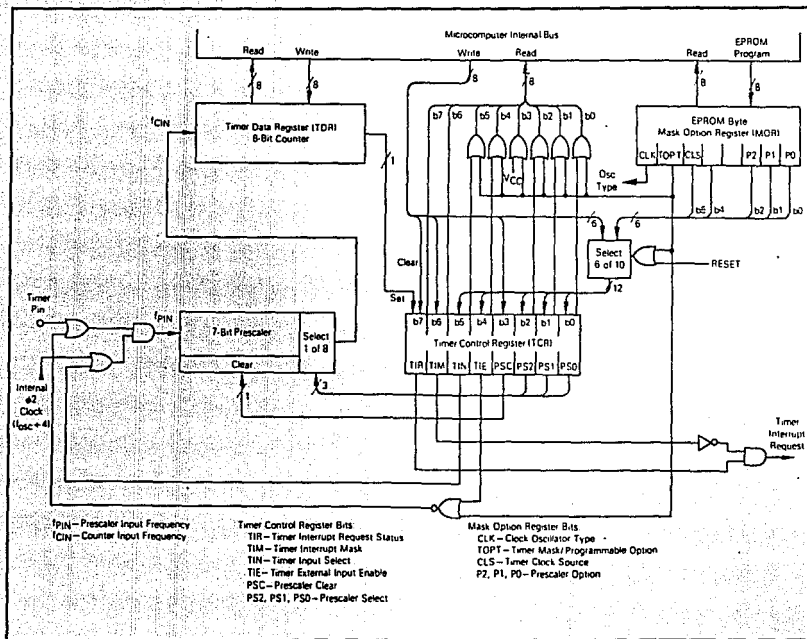


Fig. 5.1.1.4 Diagrama de bloques del temporizador del MC68705SR3

terminales (cable), un cristal o una señal de reloj externa. Las opciones sugeridas se presentan en la figura 5.1.1.5.

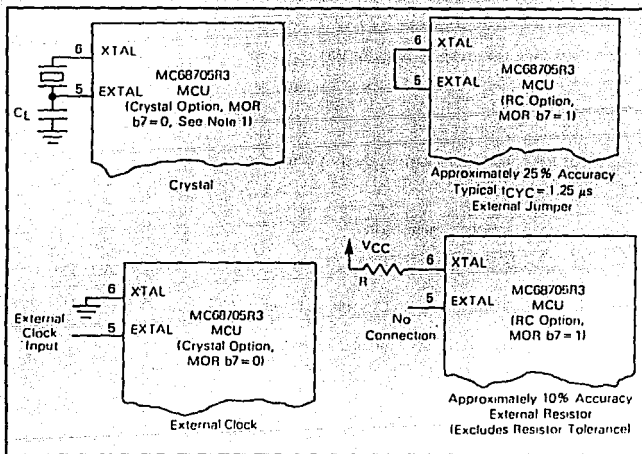


Fig. 5.1.1.5 Opciones de generación de reloj

#### Programa de inicialización (*bootstrap*)

El MCU contiene en ROM un programa que le permite, a través de un ciclo de *fetch*, recibir información de cualquier dispositivo externo. Mediante el programa de inicialización se obtiene: la temporización de los pulsos para programación, temporización para la entrada VPP, y verificación después de la programación.

## Registro Opcional de Enmascarado (MOR)

Es un registro de 8 bits programable por el usuario, en el que 6 de los bits son utilizados para seleccionar el tipo de sistema de reloj, la opción del temporizador, la fuente del temporizador/divisor de tiempo y la opción de uso del divisor de tiempo.

## Interrupciones

El MC68705R3 puede ser interrumpido de 4 diferentes modos:

- a través de la terminal de entrada  $\overline{\text{INT}}$
- programando el bit 6 del circuito temporizador interno
- programando el bit 6 del puerto C mediante la terminal de entrada  $\overline{\text{INT2}}$
- por programación utilizando la instrucción SW1

Cuando se presenta una interrupción, el microcontrolador termina con la instrucción que se esté ejecutando (inclusive SW1). Una vez concluida la instrucción, el proceso se suspende y el estado presente en la unidad central de proceso se guarda en el stack. El bit de interrupción (I), del registro de código de condición, se activa en "1" y se obtiene, del vector de interrupción, la dirección de la rutina de interrupción y posteriormente ésta se ejecuta. El proceso que va del almacenamiento del registro del CPU a la localización del vector de interrupción toma un tiempo de 11 ciclos de máquina. La rutina de servicio de interrupción debe terminar con una instrucción de regreso de interrupción (RTI), que permite al MCU continuar con la ejecución del programa que estaba presente al momento de generarse la interrupción. El restablecimiento de la secuencia se lleva a cabo al recuperar del stack el estado almacenado de la unidad central de proceso.



La tabla 5.1.1.1 presenta una lista de los tipos de interrupción que se manejan en el MCU, su prioridad y la dirección del vector que contiene la dirección de inicio de la rutina de interrupción. En la lista se incluye a la señal de RESET, ya que el MCU la atiende como una interrupción, aunque normalmente no se aplica bajo esta condición. Cuando se encuentra activo el bit de interrupción del registro de código de condición, se mantiene presente la interrupción para ser procesada posteriormente.

Interrupción	Prioridad	Dirección del Vector
RESET	1	\$FFE y \$FFF
SW1	2	\$FFC y \$FFD
INT	3	\$FFA y \$FFB
TIMER/INT2	4	\$FF8 y \$FF9

Tabla 5.1.1.1 Tipos de interrupción

El timer y la señal INT2 comparten el mismo vector de direccionamiento. La rutina de interrupción debe determinar la fuente, mediante el examen de los bits de solicitud de interrupción (TCR b7 y MR b7). TCR b7 y MR b7, solo pueden aceptar por software el valor '0'.

Las interrupciones externas INT e INT2 están sincronizadas y se mantienen (latched) cuando se presenta el flanco de bajada de la señal de entrada. La interrupción INT2 tiene un bit de solicitud de interrupción (bit 7) y un bit de enmascaramiento (bit 6), ambos localizados en el registro misceláneo (MR). INT2 se inhibe cuando se activa el bit de enmascaramiento, así mismo, esta señal siempre es leída como una entrada digital por el puerto D. Si se encuentran activos al mismo tiempo el bit de solicitud de interrupción y

el temporizador, el MCU procesará una interrupción una vez que el bit I del registro de código de condición se desactive.

Una instrucción por software (SW1) es una instrucción ejecutable, que se lleva a cabo sin importar el estado del bit I del registro de condición. SW1 se utiliza como punto de ruptura para revisión de programas (*debugging*) o como llamados del sistema.

#### Entrada/Salida

Existen 32 líneas de entrada/salida. La terminal  $\overline{\text{INT}}$  puede ser utilizada como una entrada adicional bajo poleo e instrucciones de ramificación. Todas las terminales de los puertos A, B y C pueden programarse como entradas o salidas según se establezca en el registro de dirección de datos (DDR). La programación de los puertos de entrada/salida, se realiza colocando en la localidad correspondiente (bit asociado al puerto) un "1 lógico" para establecer salidas y un "0 lógico" para configurar entradas. Cuando se realiza un RESET todos los bits del DDR se colocan en "0", ubicando así a todos los puertos como puertos de entrada. La configuración de los puertos de salida solamente se controla por programa (figura 5.1.1.6)

Todas las líneas de entrada/salida son compatibles con TTL. Las líneas del puerto A son compatibles como salidas con CMOS, en tanto que son compatibles con éstos últimos niveles, las líneas de entrada, de los puertos B, C y D. Las líneas del puerto D son únicamente de entrada, por lo tanto no tienen bits asociados en el DDR.

En el puerto D se accesan entradas analógicas multiplexadas, voltajes de referencia e  $\overline{\text{INT2}}$ . Todas estas líneas están compartidas con las líneas de entrada digital del puerto, por lo que este puerto puede usarse indistintamente como puerto de entrada digital o

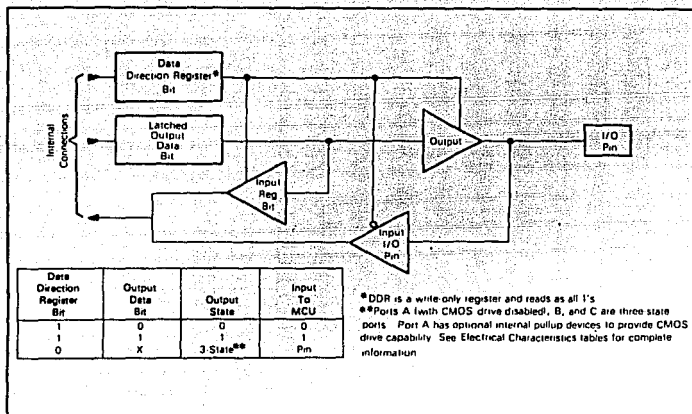


Fig. 5.1.1.6 Diagrama de bloques del puerto de E/S

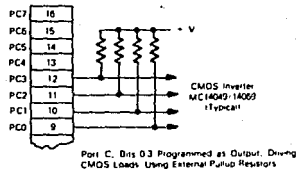
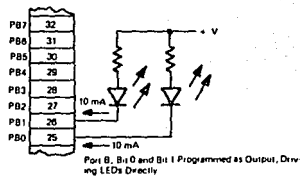
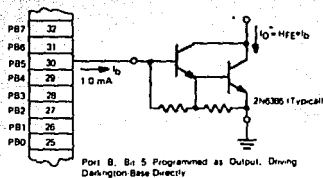
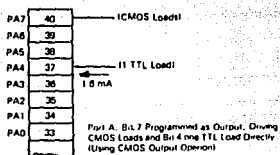
analógico. Las líneas  $V_{RL}$  y  $V_{RH}$  (PD4 y PD5), se encuentran conectadas internamente a la resistencia del A/D.

La figura 5.1.1.7 ejemplifica las conexiones típicas utilizadas en los puertos del microcontrolador.

#### Instrucciones

El MCU tiene 5 tipos de instrucciones: registro/memoria, lectura/modificación/escritura, ramificación, control y manipulación de bits.

### a. Output Modes



### b. Input Modes

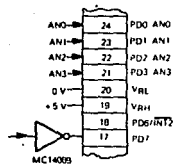
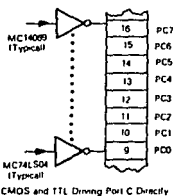
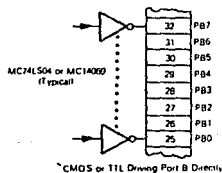
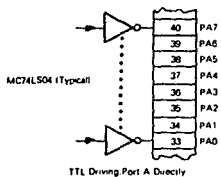


Fig. 5.1.1.7 Conexión típica de los puertos del MC68705R3

## Registro/Memoria

La mayoría de estas instrucciones contiene dos operandos. Uno de los operandos está definido por el acumulador o por el registro X, mientras que el otro se toma de la memoria, a través de alguno de los modos de direccionamiento. Los modos válidos para estas instrucciones son: inmediato, directo, extendido, indexado sin offset, indexado con 1 byte de offset e indexado con 2 bytes de offset. El modo inmediato no se utiliza con instrucciones de salto y almacenamiento.

## Lectura/Modificación/Escritura

Estas instrucciones leen una localidad de memoria o registro, modifican o prueban su contenido y una vez efectuado el proceso escriben nuevamente en la localidad el valor obtenido. Las instrucciones de este tipo se encuentran limitadas a las primeras 511 localidades de memoria.

## Ramificación

El conjunto de instrucciones de ramificación desvía al programa hacia diferentes rutinas cuando se suscita una condición particular conocida. Si la condición no es conocida, se continúa con la siguiente instrucción. La mayoría de las instrucciones de ramificación "prueban" el estado de uno o varios de los bits del código de control de condición. El modo de direccionamiento relativo es el único modo válido a utilizarse con este conjunto de instrucciones.

## Control

Las instrucciones de este grupo hacen uso del modo de direccionamiento inherente, ya que solamente contienen un byte. Con ellas se manipulan los bits de código de

condición, de control del stack y las operaciones de interrupción, transfieren datos entre el acumulador y el registro de índice y ejecutan NOP (*nothing*, "nada").

#### Manipulación de Bits

Existen dos tipos básicos de instrucciones de manipulación de bits. Uno de ellos activa o desactiva a un solo bit de un byte contenido en memoria. Este grupo hace uso del modo de direccionamiento de activado/desactivado de bit (*bit set/clear addressing mode*), que es muy similar al modo directo. El número de bit (0-7) es parte integrante del código de operación. El otro grupo de instrucciones prueba el estado de un solo bit del byte contenido en memoria y ramifica al programa según el estado en el que se encuentre el bit. Estas instrucciones utilizan el modo de prueba y desvío (*test and branch addressing mode*).

## 5.1.2 Características

El MC68705R3 tiene 10 modos de direccionamiento que definen la forma en que el MC accesa los datos contenidos en memoria. En la descripción que se presenta a continuación, el término dirección efectiva (*Effective Address*, EA) se refiere a la dirección de memoria en la cual el argumento de una instrucción es almacenado.

**Inherente** - toda la información que se necesita para ejecutar la instrucción se encuentra contenida en el código de operación y no se requieren operadores externos. Las instrucciones que hacen uso de este modo ocupan un byte de extensión.

**Inmediato** - en este modo el operando (EA) está contenido en el byte que sigue al que contiene al código de operación. Se utiliza para realizar accesos constantes que no generen cambios durante la ejecución del programa.

**Extendido** - La EA está contenida en los dos bytes que siguen al código de operación. Las instrucciones usadas con este modo dan acceso a cualquier localidad de memoria, utilizando una sola instrucción de 3 bytes.

**Directo** - es similar al modo extendido a excepción de que utiliza solo un byte para EA. El modo de direccionamiento directo permite acceder cualquier localidad ubicada en la página 0 (localidades desde 00 hasta FF) con una instrucción de dos bytes.

**Indexado** - en el modo de direccionamiento Indexado EA es variable y depende principalmente de dos factores: (1) el contenido actual del registro de índice (X) y (2) del

offset contenido en el (los) byte (s) que siguen al código de operación. Hay tres tipos de direccionamiento indexado:

- **sin offset** - en este modo el contenido del registro X es EA, por lo que opera con instrucciones de un solo byte. El modo se utiliza para crear una EA que apunte a cualquier localidad de la memoria baja (primeros 256 bytes), incluyendo: E/S, RAM y parte de ROM. Se puede utilizar para mover el apuntador a lo largo de una tabla, hacer referencia a una localidad frecuente (por ejemplo de E/S) o para mantener la dirección de un dato que es calculado por el programa.

- **con offset de un byte (8 bits)** - para determinar EA, el contenido del registro X se suma al contenido del byte que sigue al código de operación. Este modo de direccionamiento es útil cuando se quiere acceder el elemento k de una tabla de n elementos. Para utilizar este modo, la tabla debe comenzar en las primeras 256 localidades direccionables de la memoria y extenderse, cuando más, hasta la 511. Trabaja con instrucciones de 2 bytes en donde el offset se encuentra contenido en el byte que sigue al código de operación.

- **con offset de dos bytes (16 bits)** - la dirección efectiva es la suma del contenido del registro X más la concatenación de los 2 bytes que siguen al código de operación. Se pueden manejar tablas en cualquier localidad de memoria.

**Relativo** - el modo relativo se utiliza únicamente con instrucciones de ramificación y especifica una localidad relativa al valor actual del PC. La EA se forma al sumar el contenido del byte que sigue al código de operación con el valor del PC. La acción se efectúa y sólo si la condición de ramificación es verdadera; si no, el control procede a ejecutar la siguiente instrucción.



**Manipulación de bit** - consiste en dos modos distintos de direccionamiento: activado/desactivado de bit (bit set/clear) y prueba/bifurcación (test and branch). El modo activado/desactivado de bit permite activar o desactivar individualmente bits de una localidad de memoria o registros de entrada/salida. La prueba/bifurcación, es una combinación de los modos relativo y directo. El byte de datos bajo prueba se localiza a través del modo directo y el resultado de la prueba del bit en cuestión se transfiere al bit de acarreo del registro de código de condición.

Por otra parte, el MCU cuenta con un convertidor interno A/D monotónico, de aproximaciones sucesivas de 8 bits, de razón (ratiometric), cuyo diagrama de bloques se muestra en la figura 5.1.2.1.

Del multiplexor se selecciona una línea de entrada analógica, proveniente del puerto D, según lo establezca el registro de control del convertidor (ACR) bits 0, 1 y 2. La entrada seleccionada es enviada al comparador, en tanto la línea de estado se activa, se limpia el registro de resultado del A/D (ARR), con excepción de un 1 en la posición MSB y se activa la cuenta de reloj (ver figura 5.1.2.2). El 1 en la posición MSB hace que la corriente MSB (media escala completa) aparezca en la salida del DAC (a la entrada del comparador) junto con la señal de entrada analógica. Si la salida del DAC es menor que la entrada de señal, la salida del comparador indicará que se mantenga el valor; si la salida del DAC es mayor, el comparador indicará que se rechace el dato.

En el siguiente pulso de reloj, el MSB se enclava en 1 ó 0 dependiendo de la decisión. El bit 2 (1/4 de escala completa) se agrega a la salida del DAC. Si la salida del DAC ( $1/4 + 1/2$  ó  $1/4 + 0$ ) es menor que la señal, la decisión es "retener"; de otro modo la decisión

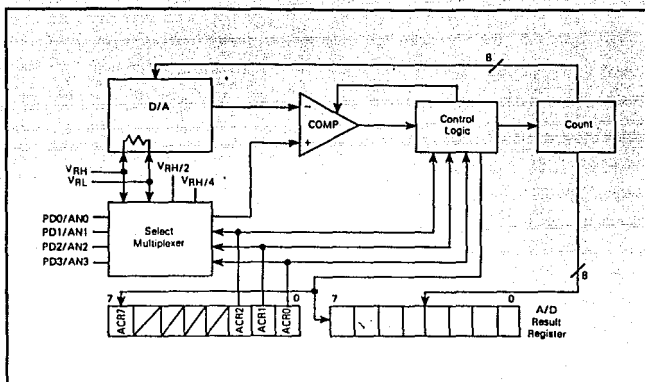


Fig. 5.1.2.1 Diagrama de bloques del convertidor A/D

Registro de Control del A/D			Entrada
ACR2	ACR1	ACR0	Seleccionada
0	0	0	ANO
0	0	1	AN1
0	1	0	AN2
0	1	1	AN3
1	0	0	VRH *
1	0	1	VRL *
1	1	0	VRH/4 *
1	1	1	VRH/2 *

\* Niveles de Calibración Interna

Tabla 5.1.2.1 Registro de Control del A/D

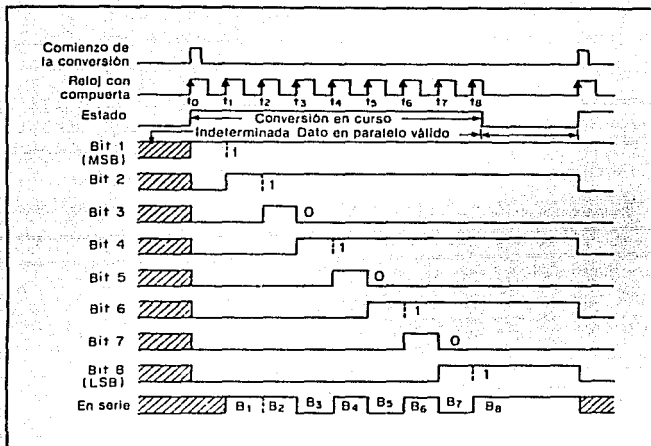


Fig. 5.1.2.3 Diagrama de tiempos de una conversión de datos de 8 bits por aproximaciones sucesivas

es rechazar. En el siguiente pulso de reloj se enciava el bit 2 y se agrega el 3 ( $1/8$  de escala completa) a la salida del DAC. Si la salida del DAC ( $1/8 + 1/4 + 1/2$ ,  $1/8 + 1/2$ ,  $1/8 + 1/4$  ó  $1/8 + 0$ ) es menor que la señal, la decisión es retener; de otro modo rechazar. El proceso se repite durante 30 ciclos de máquina. Cuando se concluye la conversión, el valor digital proporcional a la entrada analógica registrada por el multiplexor, se coloca en el registro de resultados del convertidor (ARR), se activa la bandera de conversión completa y la entrada seleccionada se muestrea nuevamente y se inicia una nueva conversión.

A la entrada del convertidor a través del puerto D y haciendo uso del multiplexor interno del MCU se pueden conectar hasta 4 señales analógicas externas. Adicionalmente pueden ser utilizadas 4 señales con fines de calibración:  $V_{RH}$ ,  $V_{RH}/2$ ,  $V_{RH}/4$  y  $V_{RL}$ . La selección del multiplexor interno del MCU, es controlada por los bits 0, 1 y 2 del registro de control del convertidor A/D (ACR), como se indica en la tabla 5.1.2.1. Durante la condición de reset todos los bits se colocan en cero.

Siempre que se escriben datos en el ACR la conversión que se está llevando a cabo se aborta, la bandera de conversión completa se ubica en cero (ACR bit 7) y la entrada seleccionada es muestreada y mantenida (*held*) internamente.

Los voltajes negativos aplicados a cualquiera de las líneas de entrada analógica dan como resultado una lectura errónea.

Al ser un convertidor de razón (*ratiometric*) se proporcionan dos voltajes de referencia,  $V_{RH}$  y  $V_{RL}$ , a través del puerto D. Una entrada de voltaje igual a  $V_{RH}$  realiza una conversión a \$FF (escala completa) y una entrada igual a  $V_{RL}$  convierte a \$00.

Con  $V_{RH} = 5$  volts, se tiene la máxima resolución del convertidor, esto es, 256 bits. Si se selecciona  $V_{RH}/2$  se tiene una resolución de 128 bits y al seleccionar  $V_{RH}/4$  se tendrán 64 bits de resolución.

## 5.2 Características, selección y manejo del teclado

Se denomina teclado al género de periféricos de entrada constituidos por un conjunto de botones pulsadores, de tal modo que cada botón corresponda a determinado carácter, función, instrucción o idea. El componente básico de un teclado es un pulsador individual. El tipo de teclas, así como su número y distribución, están determinados por la aplicación concreta que se desee realizar. Generalmente cada tecla controla un simple interruptor que permanecerá abierto mientras el pulsador está libre y se cierra cuando el pulsador es oprimido.

Según el principio de operación bajo el cual se rigen los pulsadores, existen distintos tipos, mismos que se presentan a continuación:

### - Pulsador mecánico convencional

En los interruptores mecánicos el movimiento actúa directamente sobre los contactos (figura 5.2.1). Este tipo de pulsadores se caracterizan por su bajo costo y porque permiten elaborar configuraciones de contactos múltiples sin muchas complicaciones. Son los pulsadores más comerciales y los más comúnmente utilizados. Su desventaja principal es que al estar presentes partes mecánicas las posibilidades de falla por fatiga del material se incrementan.

### - Pulsador mecánico de lámina flexible

Está formado por una serie de láminas sobrepuestas y su funcionamiento se basa en la deflexión de un diafragma de poliester con una de sus caras metalizadas, que establece contacto con un circuito impreso a través de un orificio localizado en el separador dieléctrico que media entre el diafragma y la pista del circuito, tal como se muestra en la figura 5.2.2.

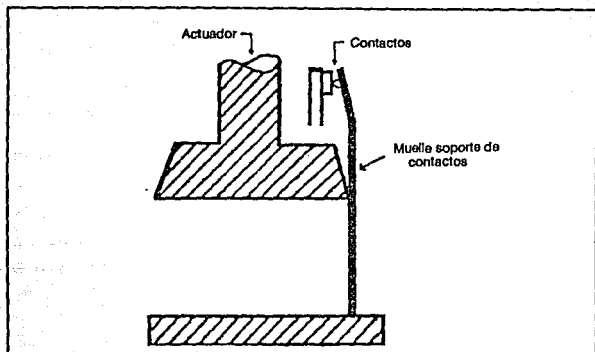


Fig. 5.2.1 Pulsador mecánico convencional

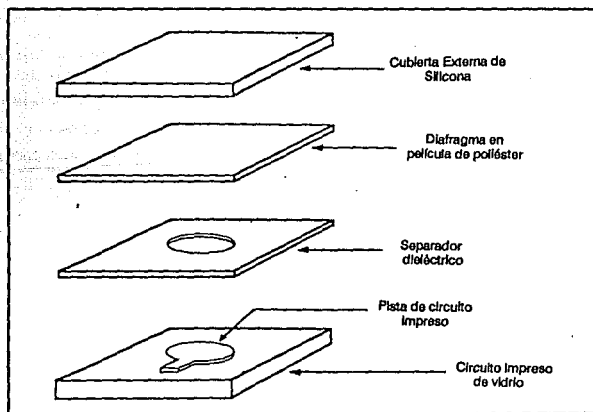


Fig. 5.2.2 Pulsador mecánico de lámina flexible

Los contactos se hallan protegidos contra el polvo y los contaminantes externos por una capa de silicón. Una variante de esta tecnología consiste en sustituir el diafragma y el dieléctrico por una sola laminilla flexible de silicón conductor y las pistas metálicas del impreso por pistas de tinta conductora. Este tipo de pulsadores presenta también el problema de falla por fatiga del material del que está hecho el diafragma.

- Pulsadores mecánicos de casquetes

Estos pulsadores emplean unos discos metálicos embudidos en forma de casquete esférico, que cuando son oprimidos cambian su posición cóncava por una posición convexa, consiguiendo así el contacto requerido. En el momento en que se establece el contacto, este tipo de pulsadores emite un chasquido audible que indica su correcta operación (figura 5.2.3). También son susceptibles de fallas por causas mecánicas.

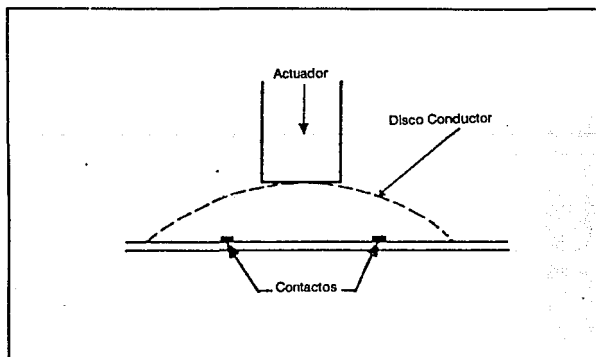


Fig. 5.2.3 Pulsador mecánico de casquetes

### - Pulsadores capacitivos

Emplean dos superficies vecinas sobre un mismo circuito impreso, estando una de ellas excitada por la señal alterna de un oscilador; si se aproxima paralelamente una placa conductora sobre ambas superficies, se provoca un acoplamiento capacitivo entre ellas, con lo que aparece una fracción de la señal alterna a la salida.

Este tipo de pulsadores aprovecha el cambio en la capacitancia para proporcionar la señal de salida, que deberá ser convenientemente amplificada y convertida a niveles lógicos.

Los pulsadores capacitivos ofrecen una elevada confiabilidad a causa de la ausencia de elementos mecánicos para establecer el contacto eléctrico. Algunas desventajas que presentan son: dados los bajos niveles de la señal entregada por estos pulsadores, presentan una alta sensibilidad a interferencia y serías limitaciones en la estructura metálica del soporte, el trazado de pistas en el circuito impreso y la electrónica de amplificación, detección y conversión (figura 5.2.4).

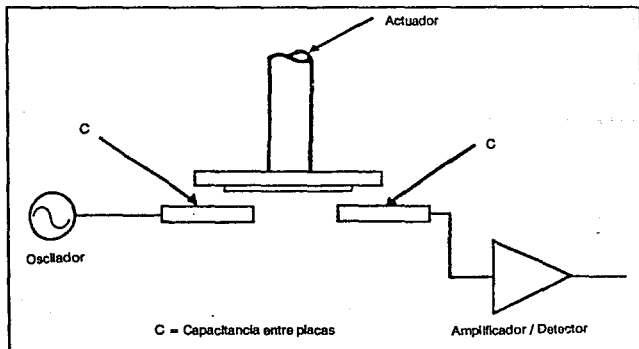


Fig. 5.2.4 Pulsador capacitivo



### - Pulsador de núcleo magnético

El elemento conmutador en este tipo de dispositivos es un núcleo toroidal de ferrita empleado como transformador.

El núcleo es atravesado normalmente por dos hilos: uno energizado a alta frecuencia que se emplea como primario y otro utilizado como secundario. El acoplamiento es muy bajo en la posición normal del pulsador (libre), donde el núcleo está saturado por el campo del imán permanente (figura 5.2.5), la opresión de la tecla desplaza al imán, eliminando la saturación del núcleo y generando una salida. Esta última es amplificada, rectificadora y convertida a niveles lógicos.

La confiabilidad de estos componentes es comparable con la de los pulsadores capacitivos, pero presentan al igual que ellos limitaciones en el trazado de las pistas del circuito impreso, por lo que generalmente se ofrecen como parte integrante de un conjunto completo.

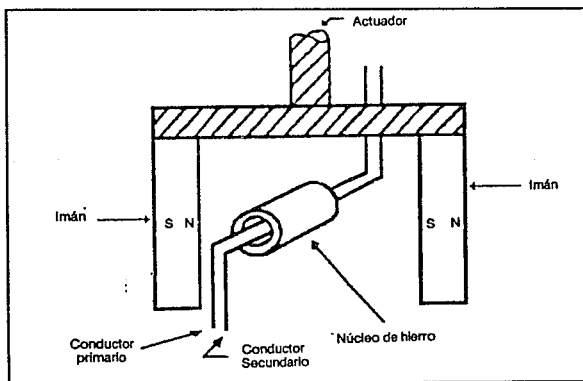


Fig. 5.2.5 Pulsador de núcleo magnético

#### - Pulsadores de efecto Hall

Estos pulsadores están formados por una pastilla semiconductor recorrida por una corriente continua y un campo magnético perpendicular a ella, que provoca una deformación de las líneas equipotenciales sobre la superficie del semiconductor, apareciendo una tensión de salida proporcional al producto de la corriente de polarización por la intensidad del campo magnético aplicado.

La conmutación se obtiene al aproximar un imán permanente al sensor, que desarrolla una tensión de salida que es amplificada y convertida en digital.

Generalmente el conjunto formado por el sensor, amplificador, disparador de Schmitt, monostable opcional y paso de salida, forma un circuito integrado monolítico, asociado a cada pulsador.

Existen dos tipos de pulsadores de efecto Hall, los estáticos y los dinámicos. Los primeros conducen a su salida mientras exista un campo magnético a su entrada. Los segundos conducen durante un cierto período (típicamente 20 ms) cuando el campo de entrada supera el nivel de conmutación, pero no conduce durante el resto del tiempo que dicho campo permanezca en un nivel elevado ni cuando se aleja el imán; para ello incorporan un monoestable que dispara en el flanco de subida de la señal magnética.

Dada la ausencia de contactos y la insensibilidad a polvo, suciedad y contaminantes, este tipo de pulsadores ofrece la mayor confiabilidad (esencialmente duración infinita), solo limitada por el desgaste del elemento móvil y resorte de retorno. Este último en algunos casos, es sustituido por un sistema magnético de retorno, que proporciona simultáneamente una realimentación al tacto (figura 5.2.6).

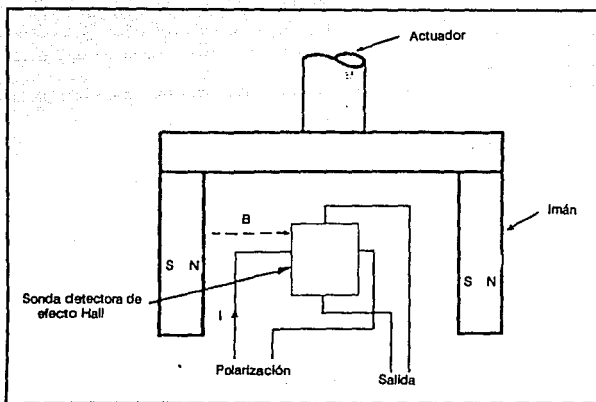


Fig. 5.2.6 Pulsador de efecto hall

#### - Pulsadores Reed

Están formados por contactos inmersos en una atmósfera inerte, sellados por una cápsula de vidrio hermética.

El movimiento de la tecla desplaza un pequeño imán permanente que provoca el cierre de los contactos; dada la acción indirecta sobre éstos últimos no se transmiten sobrecargas mecánicas que provoquen fatiga y desgastes prematuros. Por lo anterior y por la hermeticidad del encapsulado que impide la contaminación de los contactos, este tipo de pulsadores ofrecen una vida útil unas cinco veces superior al clásico pulsador mecánico.

## Teclas

El elemento unitario componente de un teclado, es el formado por el subconjunto pulsador más tecla, que a menudo es denominado simplemente tecla. La tecla o capuchón, aún cuando no cumple ninguna función eléctrica, es absolutamente indispensable, con el fin de identificar claramente cada pulsador, así como para ofrecer una adecuada superficie de actuación para las características anatómicas de manos y dedos del operador.

## Rotulación

Con el fin de obtener una correcta identificación de cada uno de los distintos pulsadores que componen un teclado, es preciso rotular con los grafismos apropiados cada una de las teclas. En este caso será suficiente con estampar los rótulos de las funciones de cada tecla en el chasis del aparato.

## Modos

Los teclados pueden trabajar de uno o varios modos. Un teclado mono-modo genera solamente un código por cada tecla, mientras que los teclados de modos múltiples generan dos o más códigos por cada tecla en función de como se utilicen las teclas de selección. El número de códigos generados por la opresión de una tecla es definido como el número de modos de un teclado. Los teclados mono-modo se utilizan cuando el número de códigos a manejar es reducido.

## Codificación

Como señales de salida de un teclado, pueden utilizarse las conexiones correspondientes a todos y cada uno de los distintos conjuntos tecla-pulsador que lo constituyen. Esto puede ser válido para teclados simples formados por un reducido

número de teclas; pero la dificultad va en aumento si el número total de teclas supera ciertos umbrales.

Evidentemente se han buscado soluciones mucho más efectivas que han sido centradas en la codificación de los datos de salida.

Esta codificación consiste en numerar de forma binaria cada uno de los distintos códigos emitidos por el teclado, de tal modo que el número total de bits precisos para expresar cualquier código no supere los umbrales de maniobrabilidad.

La codificación más usual para teclados numéricos reducidos es la hexadecimal (o su subconjunto BCD si nos limitamos a dígitos decimales); en el caso de los teclados alfanuméricos se amplía la codificación, siendo el código más usual es ASCII de 6 o 7 bits según sea reducido o completo, o bien el EBCDIC de 8 bits.

#### Codificador por microprocesador

Una técnica que se está expendiendo fuertemente consiste en la utilización de microprocesadores como elementos de lógica activa en la codificación de teclados. Esta técnica permite, con un mínimo de componentes, realizar funciones que hasta el presente raramente eran llevadas a cabo directamente por el teclado como periféricos. Entre estas funciones cabe mencionar: exploración secuencial; protección contra pulsaciones simultáneas; transcodificación; modos múltiples; selección de modo complejo: salidas en paralelo, salidas en serie; memoria FIFO en caso de pulsación más rápida que el posible acceso por parte de la unidad central; autorepetición en teclas seleccionadas ( se denomina autorepetición al hecho de que si se mantiene oprimida una tecla durante un tiempo prudencial, entre 0.5 a 1 seg, se repiten las validaciones del código asociado a un

rítmo aproximado de 10 Hz); repetición por tecla repite independientemente de ciertas teclas o funciones; autorización o inhibición total o parcial del teclado; generación de una señal audible para realimentación acústica; paridad, detección de errores de operación, etc.

Un teclado, al igual que cualquier otro sistema de entrada/salida en paralelo, puede realizar su interconexión con el microprocesador por medio de interrupciones o bien por una búsqueda (*polling*). Para definir la técnica idónea deben tenerse presentes varios factores entre los cuales hay que contar con que la frecuencia de aparición de información no es muy rápida, pues procede de la acción física de las manos del operador, por lo que difícilmente existirá un período inferior a 50 ms entre las pulsaciones de mayor velocidad.

En sistemas que hagan uso extensivo de interrupciones ésta puede ser la solución más económica, aunque debe valorarse el tiempo de procesador destinado a atender al periférico, que evidentemente interrumpirá de forma asíncrona.

En muchos casos se prefiere actuar en *polling*, de tal modo que cuando el teclado dispone de una palabra, memoriza ésta en los circuitos de interfase y activa un bit de estado. El procesador, durante la ejecución de las rutinas básicas, explora los bits de estado de ciertos periféricos (tal como el teclado) y activa una rutina de atención de periféricos.

#### Rebote de contactos

Un factor que se debe tener presente en los circuitos codificadores es la presencia de rebotes en los contactos. Cuando se cierra un interruptor, los contactos no se detienen inmediatamente, sino que dado a que en el momento del establecimiento del contacto el

componente móvil se desplaza a cierta velocidad, se presenta inercia, provocando una oscilación mecánica. La frecuencia de estos rebotes y el tiempo de amortiguación varían en función de las características propias del tipo de interruptor considerado. El tiempo de estabilización varía desde cero, en los interruptores sin contactos, y de 0.5 a 1 ms en los tipos menos sofisticados. Los efectos de los rebotes en las salidas codificadas pueden ser eliminados por medio de un retardo adecuado en la señal de validación.

#### Teclado seleccionado

En el acupuntoscopio se utilizan solo seis teclas, destinadas a seleccionar los modos de operación y opciones del instrumento: avance, retroceso, selección, ejecutar, paro y finalmente reinicio. La figura 5.2.7 muestra la distribución de las teclas sobre la carátula del instrumento. Debido a las características funcionales se decidió utilizar pequeños (6 mm X 6 mm) pulsadores mecánicos de casquete recubiertos con capuchones. El teclado funciona en mono-modo y para evitar los efectos negativos del rebote de teclas se utiliza un circuito disparador de Schmitt.

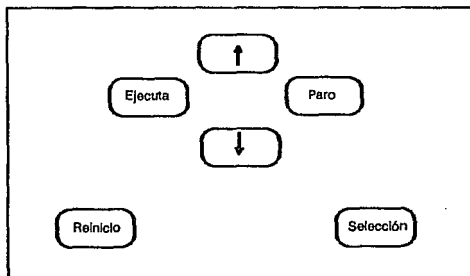


Fig. 5.2.7 Disposición de las teclas en el Instrumento

El teclado se halla conectado al puerto A del microcontrolador y la atención del dispositivo de entrada se realiza por búsqueda. El diagrama del teclado se presenta en la figura 5.2.8., en tanto que la rutina de atención desarrollada se detalla en el subcapítulo 5.6.

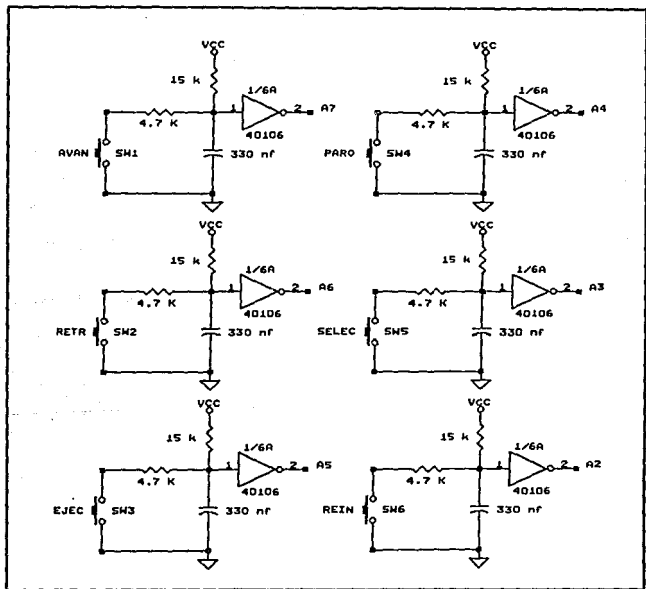


Fig. 5.2.8 Diagrama electrónico del teclado



### 5.3 Características y manejo del despliegue

El sistema de visualización que se utiliza, consiste de un módulo compacto, AND671, que contiene un panel de puntos LCD (*Liquid Crystal Display*) matricial de efecto de campo y un controlador/manejador del circuito, que permite realizar la interfase directa con el microcontrolador. Este módulo puede desplegar 160 tipos de caracteres alfanuméricos así como 8 caracteres diseñados por el usuario. Cuenta con RAM, ROM generadora de caracteres y 11 comandos para control. El diagrama de bloques del dispositivo se presenta en la figura 5.3.1.

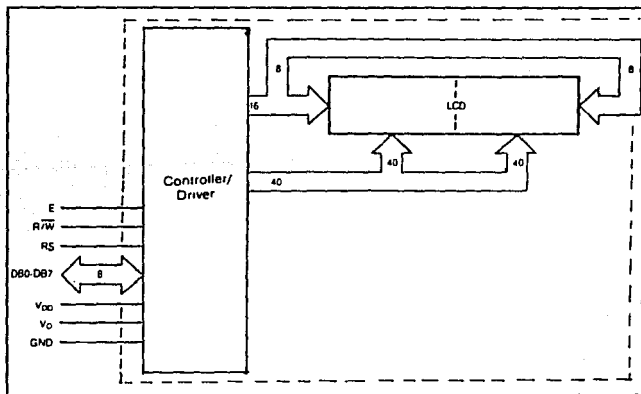


Fig. 5.3.1 Diagrama de bloques del AND671

El cristal líquido es un material (normalmente orgánico para LCDs) que fluye como un líquido pero cuya estructura molecular tiene algunas propiedades que normalmente se asocian con los sólidos. Como se muestra en la figura 5.3.2, una pantalla de cristal líquido (LCD) tiene un fondo reflector colocado detrás del material cristalino líquido, que normalmente es transparente pero se vuelve opaco y de aspecto negro cuando se aplica un voltaje. El cristal líquido se encuentra encapsulado dentro de dos placas de material transparente conductor para formar un arreglo similar a un capacitor. Sus características eléctricas son también como las de un capacitor de bajo valor pues el cristal líquido es un material aislante.

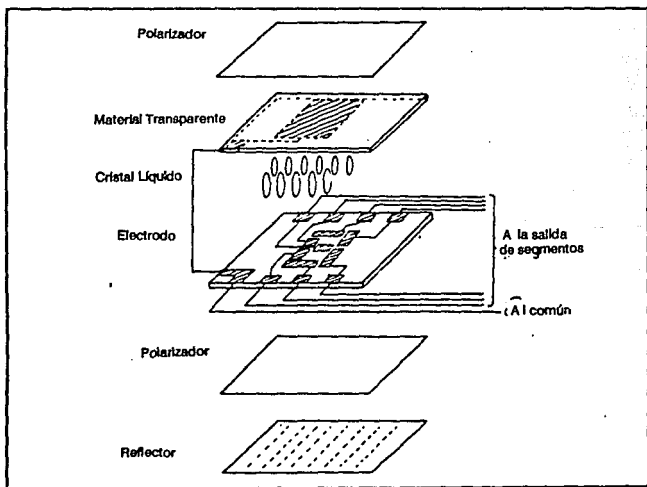


Fig. 5.3.2 Despliegue de cristal líquido

Los números, símbolos y letras pueden desplegarse al aplicar un voltaje entre los electrodos correspondientes a cada segmento y común. Un dígito en una pantalla de LCD puede tener el aspecto segmentado que se muestra en la figura 5.3.3. El área negra es en realidad una superficie clara conectada a las terminales para control externo. Con base en la figura, si se necesita desplegar un 2, se deben energizar las terminales 8, 7, 3, 4 y 5 y solamente estas regiones aparecerán opacas mientras las otras áreas permanecerán claras.

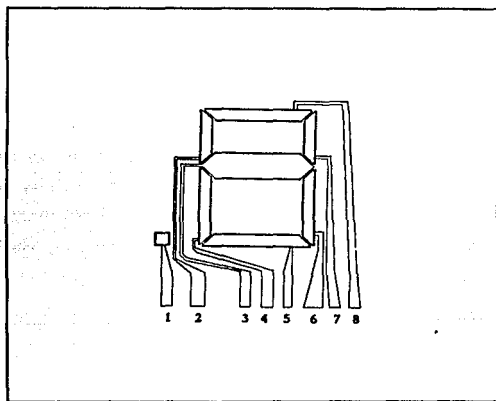


Fig. 5.3.3 Dígito de 8 segmentos

La única energía que consume el LCD es la diminuta cantidad que se requiere para cargar o descargar la pequeña capacitancia al cambiar la presentación. Posee una demanda de corriente más baja que el despliegue con LEDs. Su consumo es típicamente del orden de los microwatts comparado con el mismo valor en miliwatts para los LEDs.

Esta característica lo hace especialmente atractivo en instrumentos que utilizan pilas como fuente de alimentación. Su principal defecto es la mala visibilidad que ofrece en la luz ambiental poco intensa, por lo que requiere de la adición de una fuente interna o externa de luz.

El AND671, tiene 2 registros, uno llamado registro de instrucción (IR) y otro llamado registro de datos (DR). El IR almacena los códigos de instrucciones tales como: limpiado de despliegue, movimiento del cursor, direcciones, despliegue de datos de la RAM (DD RAM) y generador de caracteres RAM (CG RAM).

El DR almacena temporalmente los datos que deben ser escritos en el DD RAM o en el CG RAM. Así mismo, el DR puede utilizarse también para almacenar datos cuando se está leyendo información del DD RAM o del CG RAM. Cuando se escribe la información dentro del IR, los datos se transfieren del DR al DD RAM o al CG RAM como una operación interna, el CPU lee entonces el DR y la transferencia de datos queda finalizada. Después de que el CPU ha leído el DR, los datos de DD RAM o de CG RAM de la siguiente dirección se envían a éste para la siguiente lectura. En la tabla 5.3.1 se presentan las señales de control correspondientes para la selección de los registros.

RS	R/W	Operación
0	0	Operaciones internas de IR (despliegue, borrado, etc)
0	1	Lee la bandera de ocupado (DB7) y el contador de direcciones (DB0 a DB6).
1	0	Escritura de DR (a DD o CG RAM)
1	1	Lectura de DR (de DD o CG RAM)

Tabla 5.3.1 Selección de Registros del AND671

La figura 5.3.4 muestra el diagrama de tiempo para la transferencia de datos entre microcontrolador y despliegue.

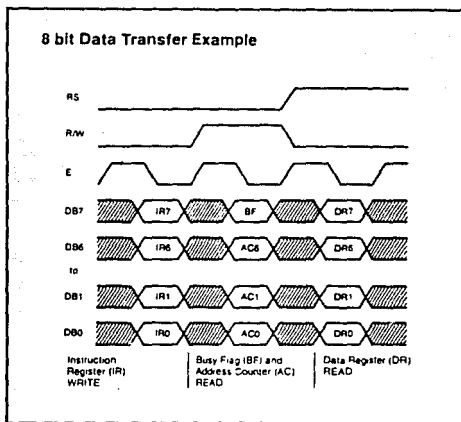


Fig. 5.3.4 Transmisión de datos

Para establecer el proceso de funcionamiento del módulo de despliegue AND671, se cuenta con 8 códigos de comando:

- Limpiado del despliegue

Escribe en todas las localidades de memoria de la DD RAM, el código correspondiente a "espacio" (20H) y coloca al cursor en la posición inicial. En otras palabras, cualquier desplegado existente desaparece y el cursor va al extremo izquierdo de la pantalla.

- Regreso a la posición inicial

LLeva al cursor a la posición de caracter 1 en la pantalla (dirección DD RAM = 00H), permanenciando el contenido de la DD RAM sin cambio.

- Selección del modo de entrada

Se encarga del manejo de los caracteres que serán desplegados en la pantalla mediante el control de decremento o incremento de la dirección de la DD RAM al momento de ser accesada. El cursor se mueve a la derecha cuando I/D = 1 y a la izquierda cuando I/D = 0.

Por otra parte, S controla el corrimiento de los caracteres dentro de la pantalla.

- Control de encendido/apagado

La activación del despliegue se lleva acabo cuando D = 1. Mientras el despliegue se encuentre "apagado", los datos contenidos en DD RAM permanecen y pueden ser desplegados una vez que se active D.

C controla el despliegado del cursor y B el "parpadeo" del caracter ubicado abajo del cursor.

- Selección de la función

Se indica la longitud del dato, en este caso 8 bits, el número de líneas que serán desplegadas y los puntos por caracter.

**- Selección de la dirección de la CG RAM**

Designa con un número binario en el contador de direcciones a la dirección de la CG RAM. Después de la ejecución de esta instrucción, todos los datos que vienen del microcontrolador se escriben en la CG RAM o bien todos los datos se leen de la CG RAM.

**- Selección de la dirección de DD RAM**

Designa con un número binario en el contador de direcciones a la dirección de la DD RAM. Después de la ejecución de esta instrucción, todos los datos que vienen del microcontrolador se escriben en la DD RAM o bien todos los datos se leen de la DD RAM.

**- Lectura de la bandera de ocupado y de las direcciones**

Se lee el valor de la bandera de ocupado, si es "1" indica que se está llevando a cabo alguna operación interna, si es "0" pueden realizarse operaciones de escritura o lectura. El contador de direcciones se utiliza para el manejo de DD RAM y de CG RAM.

En la tabla 5.3.2 se presenta una lista de los comandos descritos anteriormente y los códigos correspondientes.

Finalmente, cabe mencionar que en la sección 5.5 se describe el procedimiento seguido para controlar el proceso de despliegue de información (desarrollo de los programas de control y despliegue); en tanto que , la figura 5.3.5 muestra una secuencia típica para escribir un mensaje en la pantalla.

Comandos	Códigos										
	RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0	
Limplado del despliegue	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
Regreso a posición Inicial	0	0	0	0	0	0	0	0	1	X	
Selección modo de entrada	0	0	0	0	0	0	0	1	I/D	S	
Control ON/OFF	0	0	0	0	0	0	1	D	C	B	
Selección de la función	0	0	0	0	1	DL	N	F	X	X	
Selecc. dirección RAM	0	0	0	1	ACG						
Selecc. dirección DD RAM	0	0	1	ADD							
Lee bandera de ocupado	0	1	BF	AC							

Tabla 5.3.2 Lista de Comandos

Funciones:

I/D = 1 Incremento I/D = 0 Decremento

S = 1 Corrimiento del despliegue B = 1 "Parpadeo" C = 1 Despliega cursor

D = 1; Despliegue activo DL = 1; 8 bits DL = 0; 4 bits

N = 1; 2 líneas N = 0; 1 línea (único válido para AND671)

F = 1; 5 X 10 puntos F = 0; 5 X 7 puntos (único válido para AND671)

BF = 1; Realizando alguna operación interna

BF = 0; Puede aceptar alguna Instrucción

ACG Dirección de CG RAM; ADD Dirección de DD RAM; AC Contador de Dirección



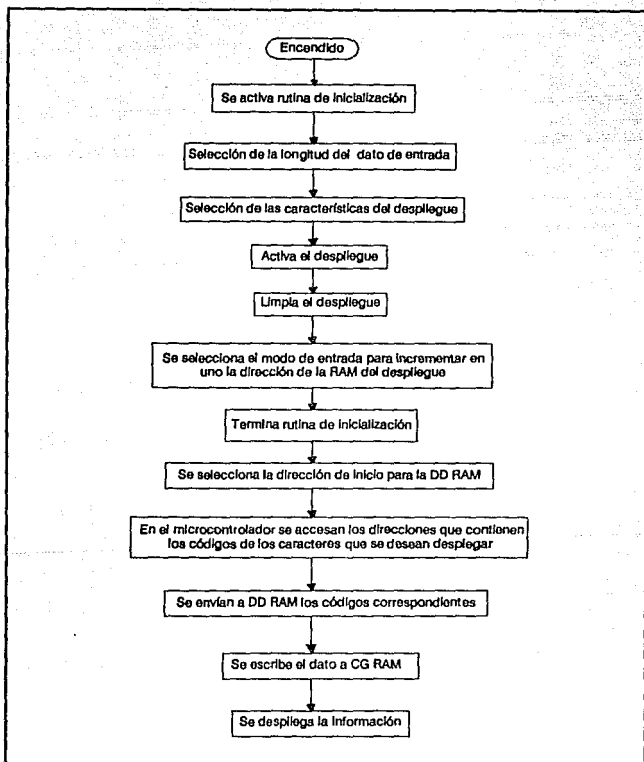


Fig. 5.3.5 Secuencia típica para escribir un mensaje en la pantalla



## 5.4 Sistemas de autoprueba y prevención

Las rutinas de autoprueba y prevención son programas que tienen por objeto verificar que los principales subsistemas del microcontrolador se hallan funcionando de manera adecuada, y en caso contrario indicarán al usuario la existencia de la falla asociada al subsistema.

Estas rutinas se pueden inicializar de dos maneras distintas, cuando el circuito es energizado, o bien, cuando se activa el reinicio (RESET), en el caso del acupuntoscopio opera la primera. Una vez que inician, siguen su secuencia automáticamente a través de programas predeterminados y con resultados individuales.

Las rutinas que deben considerarse para prueba del MC68705R3 son: prueba de RAM y convertidor A/D, que son los únicos elementos del microcontrolador que se utilizan en este proyecto; en tanto que para el sistema completo se incluyen pruebas de: teclado, despliegue, zumbador, barra de LEDs y punta de prueba.

### Prueba de RAM

En esta prueba de diagnóstico se escribe un dato en RAM y después se lee cada localidad de la misma para verificar que el dato se haya escrito correctamente; si esto no se cumple se despliega un letrero de falla. La figura 5.4.1 presenta el diagrama de flujo para realizar esta prueba y el programa correspondiente se localiza en el apartado 5.6 de este mismo capítulo.

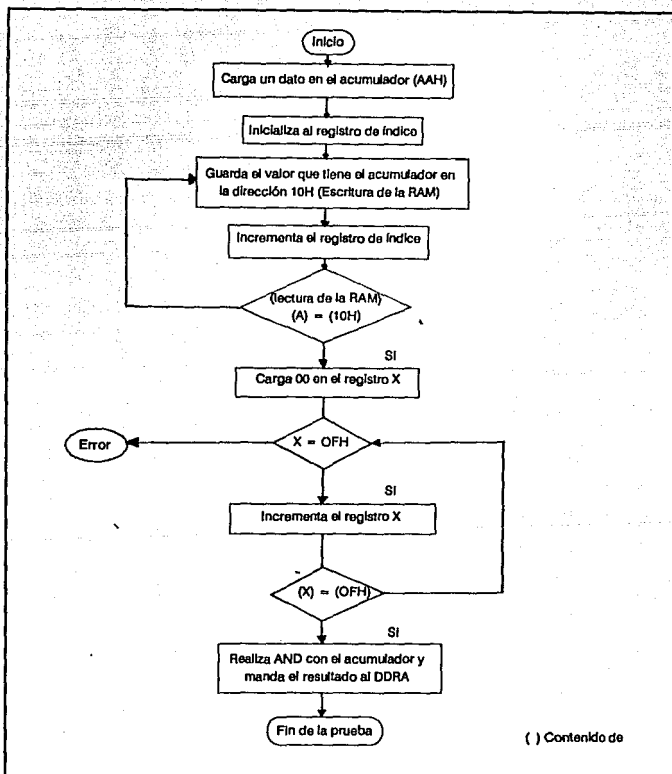


Fig. 5.4.1 Diagrama de flujo para prueba de la RAM

## Prueba del convertidor A/D

El objetivo de la prueba es cargar en el convertidor un dato conocido con el propósito de evaluar el valor de la conversión, dando un margen de error de  $\pm 1$  bit. El diagrama de la figura 5.4.2, muestra la secuencia de la subrutina. Como primer paso se carga el acumulador con el valor  $\#\$04$ , después se llama a la subrutina de conversión. Se verifica que el valor de  $V_{AH}$  se digitalice con un bit de error de lectura, si se presenta una falla, se deja al puerto B en el estado actual y se activa el indicador de falla.

## Prueba de teclado e indicadores (zumbador, despliegue y barra de LEDs)

Para iniciar las pruebas correspondientes a estos dispositivos, es necesario que el usuario oprima simultáneamente las teclas de avance y retroceso. Una vez iniciada la prueba, el despliegue muestra una barra continua hasta que se activen las teclas colocadas en el panel; acto seguido, aparece en el despliegue la función asociada a cada una de ellas: avance, retroceso, selección, ejecuta, paro y reinicio, en tanto que el zumbador emite un *beep* por cada tecla oprimida.

Las rutinas desarrolladas para efectuar estas pruebas se incluyen en el subcapítulo 5.6 (Diseño del software necesario para el control, autoprueba y adquisición de datos).

La prueba de la barra de LEDs se realiza conjuntamente con la prueba del electrodo; al insertar la punta de prueba en el contacto denominado "punta", se verifica que el electrodo cierre circuito, activándose por completo la barra de LEDs. Las dos pruebas se realizan por *hardware*.

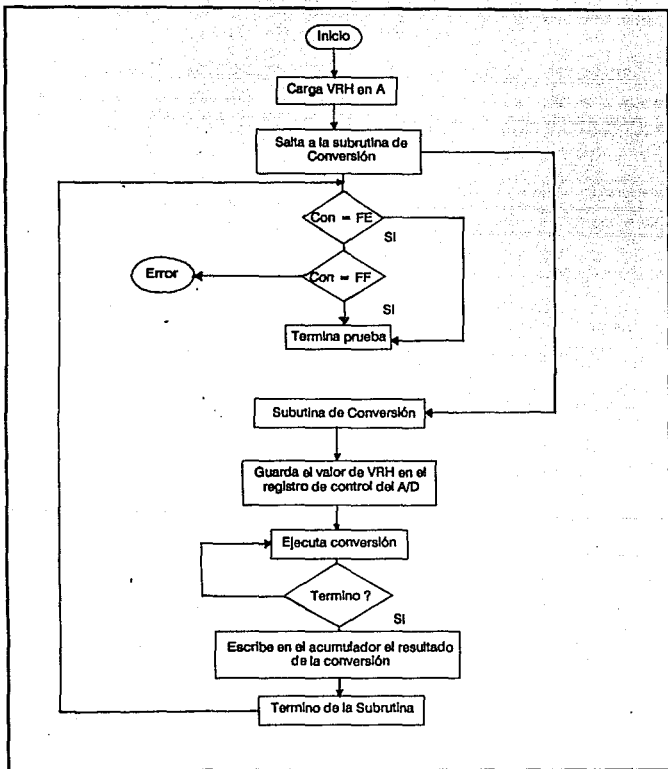


Fig 5.4.2 Diagrama de flujo para prueba del A/D

## 5.5 Diseño del Sistema de Control y Adquisición de Datos

Para llevar a cabo el proceso de detección de puntos activos, en función de las características operativas del instrumento, se debe tener el control sobre una serie de funciones tales como, el despliegue de letreros, el registro del teclado, la activación de los indicadores, la activación del electrodo de prueba, la lectura de la resistencia de la piel, el ajuste automático de sensibilidad, etc.

En este subcapítulo se presenta la descripción de la operación del acupuntoscopio, así como la forma en que se lleva a cabo el control de cada subsistema involucrado. La figura 5.5.1 muestra el diagrama de bloques de éstos subsistemas.

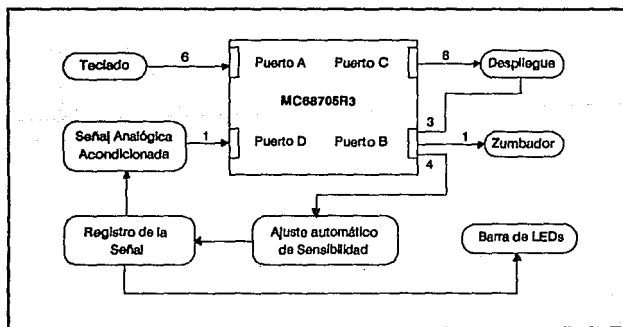


Fig. 5.5.1 Diagrama de bloques funcionales

Para los 4 puertos bidireccionales con los que cuenta el MC68705R3 se hizo la siguiente asignación de funciones:

**Puerto A** - Se utilizan 6 líneas, una para cada una de las teclas que controlan las funciones del acupuntoscopio y una para habilitar al multiplexor de ajuste de sensibilidad (activar la medición). En la tabla 5.5.1 se presentan los códigos utilizados por cada tecla. El DDR correspondiente al puerto se programa con 6 líneas de entrada y 2 de salida; se carga con 03 H.

A <sub>7</sub>	A <sub>6</sub>	A <sub>5</sub>	A <sub>4</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>0</sub>	Código	Tecla
0	0	0	0	0	1	*	*	04 H	Avance
0	0	0	0	1	0	*	*	08 H	Retroseso
0	0	0	1	0	0	*	*	10 H	Ejecuta
0	0	1	0	0	0	*	*	20 H	Paro
0	1	0	0	0	0	*	*	40 H	Selección
1	0	0	0	0	0	*	*	80 H	Reinicio

Tabla 5.5.1 Códigos asociados a las teclas

**Puerto B** - Se utilizó como puerto de control para el zumbador, el ajuste de sensibilidad y el despliegue (ver fig. 5.5.2). La programación correspondiente al DDRB dispone todas las líneas del puerto como salidas, se carga con FFH.

**Puerto C** - Le denominamos puerto de datos para el despliegue, ya que se conecta directamente al bus de datos del AND671. Se trabaja en conjunto con las líneas de control



B <sub>7</sub>	B <sub>6</sub>	B <sub>5</sub>	B <sub>4</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>0</sub>
Despliegue			Multiplexor				Z

Fig. 5.5.2 Asignación de líneas del puerto B

de despliegue del puerto B. Dependiendo de la función que se realice (envío o recepción de datos), este puerto se programa con 8 líneas de salida (carga FFH en DDRC), o bien, con 7 líneas de salida y una línea de entrada (carga 80H en DDRC).

**Puerto D** - Es el puerto correspondiente al convertidor A/D del MCU. En este caso sólo se hace uso de una de las 4 líneas de entrada analógica que posee, por lo que la programación del ADCSR (registro de control del A/D) se mantiene constante a lo largo de todo el proceso. Se carga con E8H.

Operativamente en el acupuntoscopio se sigue la secuencia indicada en el diagrama de flujo que se presenta en la figura 5.5.3. Una vez que se enciende el aparato, se da paso a la rutina de reinicio, consistente en la programación de los puertos; en seguida se procede a la realización de autopruebas de RAM y A/D, descritas anteriormente, con lo que, si no hay falla, el instrumento queda preparado para iniciar su operación.

Concluida la etapa, se ofrece la opción de realizar una prueba para despliegue, teclado, barra de LEDs y Zumbador; si se decide llevarla a cabo, el usuario proporciona un código de acceso oprimiendo simultáneamente las teclas de avance y retroceso, en ese momento

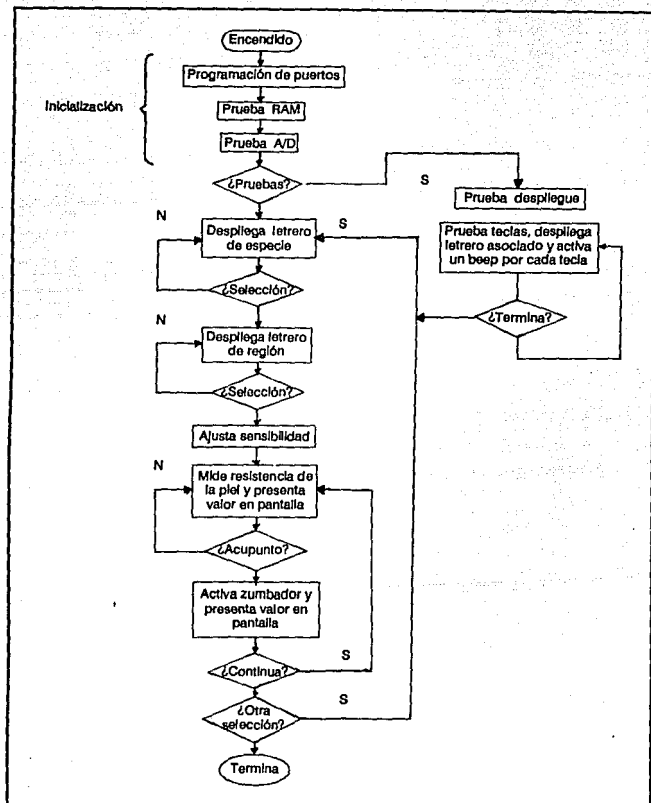


Fig. 5.5.3 Secuencia de operación del Acupuntoscopio

se encuentra en disponibilidad de activar cada tecla, escuchando un beep por cada opción seleccionada y apareciendo en el despliegue la función asociada a la tecla oprimida. La prueba incluye también la activación de todo el despliegue, presentando una barra continua al inicio de las pruebas.

Las rutinas de control empleadas en esta sección, contemplan el monitoreo de las 6 teclas, el despliegue del letrero correspondiente a la tecla oprimida y la señal que activa al zumbador durante 0.15 seg. Para concluir la etapa de pruebas, el usuario debe proporcionar un código de salida, que en esta ocasión consiste en oprimir de manera simultánea las teclas de ejecuta y paro.

Una vez concluida la etapa de prueba, o inmediatamente después de la etapa de inicialización, si se decide no realizar las pruebas indicadas, en el despliegue aparece el primero de los letreros que permiten al usuario elegir la especie. El puerto A, se encuentra monitoreando únicamente las teclas de avance, retroceso, selección y reinicio. El control sobre el despliegue se establece mediante la opresión de las teclas de avance y retroceso. Las opciones de especie, disponibles para el usuario son: Humano, Vaca, Caballo, Perro y Cerdo; mientras no se active la tecla de selección se puede acceder a cualquiera de estas opciones.

Cuando se oprime la tecla de selección, se guarda el código de la especie elegida (ver sección de ajuste de sensibilidad) en la región de memoria correspondiente.

Una vez seleccionada la especie, se despliega el letrero correspondiente a la región (oreja o cuerpo). Se sigue un proceso similar al anterior, hasta activar la tecla de selección.

Cuando se han establecido la especie y región de localización de acupuntos, se da paso al ajuste de sensibilidad.

Para determinar la sensibilidad del instrumento se asignó un código a cada opción manejada, mismo que se presenta en las tablas 5.5.2 y 5.5.3.

Opción	Código
Humano	81 H
Vaca	42 H
Caballo	24 H
Perro	18 H
Cerdo	FF H

Tabla 5.5.2

Opción	Código
Oreja	00 H
Cuerpo	03 H

Tabla 5.5.3

En esta rutina, se recuperan de memoria los códigos asociados a especie y región y se realiza una serie de comparaciones para determinar con que sensibilidad va a operar el acupuntoscopio.

Se cuenta con 10 niveles de ajuste de sensibilidad, definidos por las 10 posibles combinaciones que se tienen al trabajar 5 especies y 2 regiones. La combinación correspondiente, define la información que envía el puerto B al multiplexor de ajuste, para seleccionar la línea adecuada.

Una vez definida la sensibilidad del instrumento, se prosigue a la medición de la resistencia de la piel.

En el despliegue se muestra la selección realizada "especie, región"; si es correcta se continúa el proceso, sino, el usuario puede determinar otros parámetros oprimiendo la tecla de reinicio.

Las teclas activas para esta rutina son las de ejecuta, paro y reinicio. Para iniciar la medición, es necesario oprimir la tecla ejecuta, con lo que se activa el multiplexor y comienza el registro.

La señal analógica que proviene del módulo de acondicionamiento, se lee del puerto D para ser convertida por el A/D interno del MCU. Concluida la conversión, el convertidor "da aviso" al MCU de que el resultado se encuentra en el ADRR. El acumulador toma este dato y realiza una serie de comparaciones para determinar el valor resistivo correspondiente al punto localizado. Si este valor es igual o menor al umbral definido para puntos activos (referirse al subcapítulo de pruebas y resultados) se activa el zumbador y la barra de LEDES para indicar que se encontró un punto activo. Si el valor supera al umbral, únicamente se despliega en pantalla el valor resistivo correspondiente.

Ya que el despliegue manejado es de tipo alfanumérico y básicamente se ha utilizado para mostrar tetreros, la manera como se consigue que en pantalla aparezca el valor resistivo del punto se lleva a cabo a través de la asociación de una tabla de valores de resistencia con el voltaje digitalizado de la señal de entrada adquirida por el A/D en la etapa inicial del proceso (ver subcapítulo de pruebas y resultados).

Por citar un ejemplo, para un punto en oreja de humano se tiene un voltaje de 1.75 V (que de acuerdo con la configuración puente, corresponde a una resistencia de 127 kilo-ohms), el resultado de la conversión de dicho voltaje está entre 5AH y 5BH

(1.75 V y 1.77 V considerando el bit de error), tomando la tabla de ajuste, el despliegue que aparecerá en pantalla es 128 kilo-ohms, con lo que se habla de un error de 1 Kilo-ohm para la lectura efectuada. Otro ejemplo es el que se presenta para un voltaje de entrada de 0.868 V (63 kilo-ohms); los valores asociados se encuentran entre 2CH y 2DH; si el resultado de la conversión es 2CH el despliegue es 62 kilo-ohms y si es 2DH será 65 kilo-ohms, en cuyo caso se presentará un error de 2 kilo-ohms, que corresponde al máximo error que se puede registrar en la medición.

Considerando que un punto activo, en promedio presenta una resistencia de 90 kilo-ohms, un error de 2 kilo-ohms en lectura nos representa el 2.22 % del valor, pudiendo establecer que el instrumento ofrece un intervalo de error aceptable.

El proceso descrito se mantiene permanentemente hasta que el usuario decida concluir, en cuyo caso podrá hacer uso de la teclas paro o reinicio. Activando paro, puede reiniciar la etapa de localización de puntos para la misma selección que estaba trabajando, en tanto que si la selección es reinicio se encontrará en la posibilidad de cambiar la selección. Si no se desea realizar ninguna otra prueba basta con apagar el instrumento.

## 5.6 Diseño del software para el control, autoprueba y adquisición de datos

Para llevar a cabo las funciones diseñadas para el funcionamiento del instrumento, se desarrollaron rutinas de inicialización y pruebas, de atención a dispositivos periféricos, tales como: teclado, despliegue y zumbador, de control de despliegue y de medición o adquisición de datos, mismas que se explican a continuación.

### Rutina de Inicialización

La rutina tiene por objeto preparar los puertos A,B,C y D del MCU para enviar o recibir datos según las necesidades que se han especificado en el subcapítulo anterior. La figura 5.6.1 presenta el diagrama de flujo correspondiente. La rutina entra en operación cada vez que se enciende el instrumento.

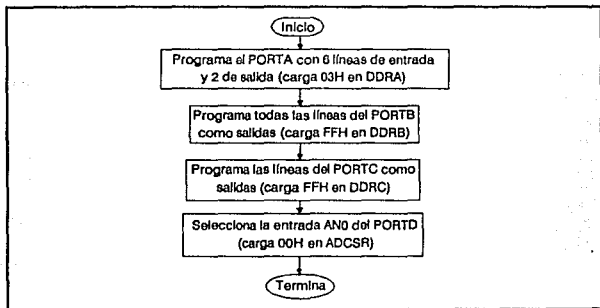


Fig 5.6.1 Diagrama de flujo de la rutina de inicialización

## Programa

0100 A603	LDA #S03	; Programa el PTOA para entrada de teclado
0102 B704	STA DDRA	
0104 A6FF	LDA #SFF	; Programa el PTOB como salida (B0 zumbador, B1 a B3 ajuste de sensibilidad, B4 a B6 despliegue)
0106 B705	STA DDRB	
0108 A6FF	LDA #SFF	
010A B706	STA DDRC	; Programa el PTOC como salida para el despliegue
010C A600	LDA #S00	
010E B70E	STA ADCSR	; Selecciona la entrada AN0 para el convertidor

## Rutina para prueba de RAM

Esta rutina se ha explicado en el apartado 5.4, por lo que en esta parte se presenta únicamente el programa desarrollado para la misma.

0100 A6AA	LDA #SAA	; Carga el acumulador con un dato
0102 AE00	LDX #S00	; Carga el registro de índice
0104 E710	STA \$10,X	
0106 5C	INCX	
0107 A37F	CPX #S7F	; Compara el contenido del registro X con el ; contenido de la última localidad de RAM
0109 26F9	BNE RUT1	
010B AE00	LDX #S00	
010D E110	CMP \$10,X	; (Proceso de lectura de la RAM)
010F 2609	BNE ERR	; Si es diferente va a la rutina de error
0111 5C	INCX	
0112 A37F	CPX #S7F	
0114 26F7	BNE COM	
0116 A4AA	AND #SAA	; Si son diferentes va a comparar el dato de A con el de la dirección 10H. Realiza una AND entre el dato leído de la dirección de memoria 10H y el contenido del acumulador, y manda el resultado al DDR del pto A, con lo que se da por concluida la prueba
0118 B704	STA \$04	



### Rutina de prueba del A/D

Al igual que la rutina anterior, ésta se ha explicado con detalle en el apartado 5.4, por lo cual, a continuación se presenta solamente el programa correspondiente.

0100 A604		LDA #04	; Carga el acumulador con un voltaje de referencia
0102 CD0113		JSR CONV	; Salta a la subrutina de conversión
0105 A1FE	RD3	CMP #0FE	; Compara resultado con FE
0107 2707		BEQ RD	; Si es igual termina
0109 A1FF		CMP #0FF	; Compara resultado con FF
010B 2703		BEQ FIN	; Si es igual termina
010D CC011F		JMP ERR	
0110 B70E	CONV	STA ADCR	; Inicia subrutina de conversión
0113 0F0EFD	RD2	BRCLR 7,ADCR,RD2	
0115 B60F		LDA ADDR	
0118 B706		STA 06	
011A CC0105		JMP RD3	
	FIN	END	; Termina subrutina

### Rutina de despliegue de letrero

Ya que el siguiente paso dentro del funcionamiento del acupuntoscopio, contempla el despliegue de un letrero para indicar si se desea ejecutar la rutina de pruebas de despliegue, teclado y zumbador, se requiere de una rutina que de inicio a la secuencia de despliegue del letrero, de la que se hará uso cada vez que se requiera desplegar un mensaje.

La rutina de despliegue de letrero, consta de 3 partes principales: inicialización, en la que se envían los comandos adecuados al LCD, tal y como se describió en la sección 5.3 (Características y selección del despliegue) para que aparezca en pantalla el mensaje deseado; verificación en la que se lee la bandera de ocupado, para saber en que momento el LCD está preparado para recibir información; y finalmente la rutina de despliegue, en

la que se envían los códigos asignados para la presentación del mensaje . La longitud de los letreros es de 16 caracteres. En la figura 5.6.2 se muestra el diagrama de flujo para esta rutina.

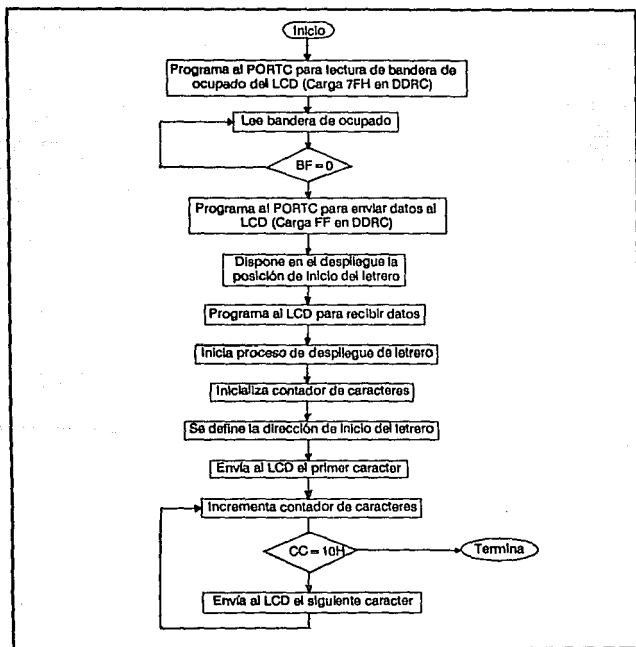


Fig 5.6.2 Diagrama de flujo para la rutina de despliegue de letrero

## Programa

```
0100 A67F      LDA #$7F          ; Programa al PORTC y al PORTB para leer bandera
0102 B706      STA DDRC
0104 A8A0      LDA #$A0
0106 B701      STA PORTB
0108 0E02FD    FLAG BRSET 7,PORTC,FLAG ; Lee bandera de ocupado
010B A6FF      LDA #$FF
010D B7B6      STA DDRC
010F A680      LDA #$80
0111 B702      STA PORTC
0113 A6C0      LDA #$C0
0115 B701      STA PORTB
0117 AE00      LDX #$00          ; Selección de la posición inicial
0119 D60A00    SIG LDA INLET,X      ; Inicia proceso de despliegue de letrero
011C 0702      STA PORTC
011E 5C        INCX
011F A310      CPX #$10
0120 2703      BEQ FIN
0122 CC0112    JMP SIG
                FIN      END          ; Termina
```

## Rutina de control del teclado

El objetivo de la rutina es registrar cuando se haya oprimido una tecla y de acuerdo con el código asignado para su función, disponer la secuencia correcta en el programa para realizarla.

La rutina mostrada es general y ha sido utilizada en la sección de pruebas de despliegue, zumbador y teclado. A lo largo del programa se hace referencia a un menor número de teclas, según la rutina que se está llevando a cabo, de tal forma que la rutina de control de teclado se ha seccionado en función de las teclas que deben encontrarse

activas al momento indicado. En la figura 5.6.3 se presenta el diagrama de flujo para la rutina.

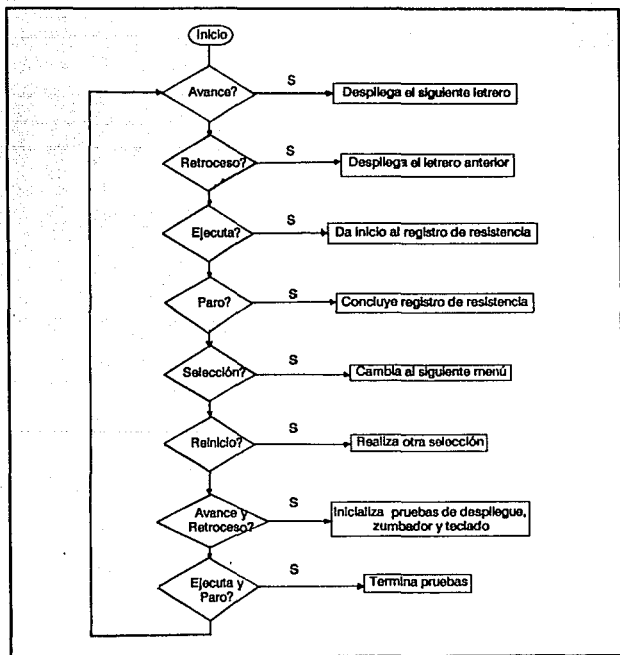


Fig 5.6.3 Diagrama de flujo para la rutina de control de teclado

## Programa

0113 B600	INIC LDA PORTA	: Lee PORTA
0115 A104	CMP # \$04	: Oprimió Avance?
0117 271E	BEQ FAVAN	
0119 A108	CMP # \$08	: Oprimió Retroceso?
011B 272F	BEQ FRETR	
011D A110	CMP # \$10	: Oprimió Ejecuta?
011F 2740	BEQ FEJEC	
0121 A120	CMP # \$20	: Oprimió Paro?
0123 2751	BEQ FPARO	
0125 A140	CMP # \$40	: Oprimió Selección?
0127 2762	BEQ FSELE	
0129 A180	CMP # \$80	: Oprimió Reinicio?
012B 2773	BEQ FREIN	
012D A10C	CMP # \$0C	: Oprimió combinación para Inicio de pruebas?
012F 2703	BEQ FINPR	
0131 A130	CMP # \$30	: Oprimió combinación para termino de pruebas?
0133 2784	BEQ FTEPR	
0135 CC0113	JMP INIC	: Vuelve a preguntar si se oprimió alguna tecla

## Rutina de prueba de despliegue, teclado y zumbador

Esta rutina se explicó en el apartado de sistemas de autoprueba y prevención. Así mismo, ya que se trata de una etapa de evaluación de los subsistemas periféricos del MCU, y éstos de alguna forma ya han sido inicializados (despliegue) o bien utilizados (teclado) y las rutinas respectivas se han presentado también, el diagrama de la figura 5.6.4, trata a estos bloques funcionales como subrutinas.

Para el caso de las teclas, se utiliza la misma rutina del punto anterior, solamente que en esta ocasión en lugar de dirigir a un punto el programa para llevar a cabo el

procedimiento asociado a la tecla, se envía el control para desplegar un mensaje en pantalla que indica al usuario la función que se realiza con ella.

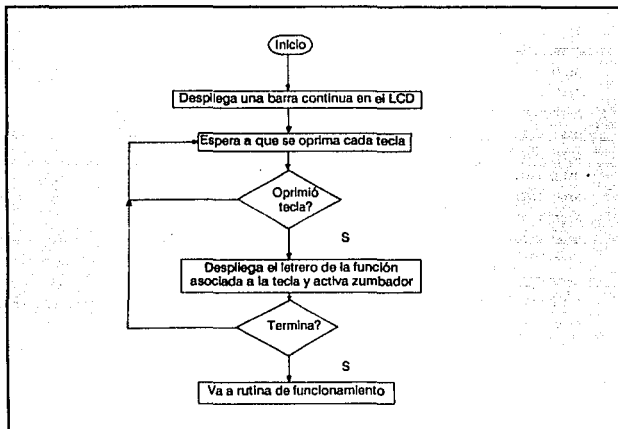


Fig 5.6.4 Diagrama de flujo para la rutina de prueba de despliegue, teclado y zumbador

#### Programa

```

0100 A6FF      LDA  #$FF
0102 B705      STA  DDRB
0104 CD01BA   DESP JSR  VER1    ; Salta a la rutina de preparación de LCD
0107 AE00      LDX  #$00
0109 D60AA0   LBARR LDA  BARRA,X  ; Desplega barra continua en el LCD
010C B702      STA  PORTC
010E 5C       INCX
010F A310     CPX  #$10
  
```

0111	26F6		BNE	LBARR	
0113	B800	INIC	LDA	PORTA	; Inicia monitoreo de teclado
0115	A104		CMP	#\$04	
0117	271E		BEQ	LAVAN	
0119	A108		CMP	#\$08	
011B	272F		BEQ	LRETR	
011D	A110		CMP	#\$10	
011F	2740		BEQ	LEJEC	
0121	A120		CMP	#\$20	
0123	2751		BEQ	LPARO	
0125	A140		CMP	#\$40	
0127	2762		BEQ	LSELE	
0129	A180		CMP	#\$80	
012B	2773		BEQ	LREIN	
012D	A130		CMP	#\$30	
012F	2703		BEQ	SALE	
0131	CC0113		JMP	INIC	
0134	CD01D4	SALE	JSR	FIN	; Salta a la rutina de funcionamiento
0137	CD01B5	LAVAN	JSR	BEEP	; Salta a rutina de zumbador
013A	CD01BA		JSR	VERI	
013D	AE00		LDX	#\$00	
013F	D60A40	AVAN1	LDA	AVANC,X	; Rutina de despliegue "Avance"
0142	B702		STA	PORTC	
0144	5C		INCX		
0145	A310		CPX	#\$10	
0147	26F6		BNE	AVAN1	
0149	CC0113		JMP	INIC	
014C	CD01B5	LRETR	JSR	BEEP	
014F	CD01BA		JSR	VERI	
0152	AE00		LDX	#\$00	
0154	D60A50	RETR1	LDA	RETRO,X	; Rutina de despliegue "Retroseso"
0157	B702		STA	PORTC	
0159	5C		INCX		
015A	A310		CPX	#\$10	
015C	26F6		BNE	RETR1	
015E	CC0113		JMP	INIC	

0161	CD01B5	LEJEC	JSR BEEP	
0164	CD01BA		JSR VERI	
0167	AE00		LDX #000	
0169	D60A30	EJEC1	LDA EJECU,X	; Rutina de despliegue "Ejecuta"
016C	B702		STA PORTC	
016E	5C		INCX	
016F	A310		CPX #\$10	
0171	26F6		BNE EJEC1	
0173	CC0113		JMP INIC	
0176	CD01B5	LPARO	JSR BEEP	
0179	CD01BA		JSR VERI	
017C	AE00		LDX #000	
017E	D60A20	PARO1	LDA PARO,X	; Rutina de despliegue "Paro"
0181	B702		STA PORTC	
0183	5C		INCX	
0184	A310		CPX #\$10	
0183	26F6		BNE PARO1	
0188	CC0113		JMP INIC	
018B	CD01B5	LSELE	JSR BEEP	
018E	CD01BA		JSR VERI	
0191	AE00		LDX #000	
0193	D60A60	SELE1	LDA SELEC,X	; Rutina de despliegue "Selección"
0196	B702		STA PORTC	
0198	5C		INCX	
0199	A310		CPX #\$10	
019B	26F6		BNE SELE1	
019D	CC0113		JMP INIC	
01A0	CD01B5	LREIN	JSR BEEP	
01A3	CD01BA		JSR VERI	
01A6	AE00		LDX #000	
01A8	D60A70	REIN1	LDA REINI,X	; Rutina de despliegue "Reinicio"
01AB	B702		STA PORTC	
01AD	5C		INCX	
01AE	A310		CPX #\$10	
01B0	26F6		BNE REIN1	
01B2	CC0113		JMP INIC	



01B5	1001	BEEP	BSET 0,PORTB	; Activa zumbador
01B7	CD01BF		JSR RETARD	
01BA	1101		BCLR 0,PORTB	; Desactiva zumbador
01BC	A67F	VERI	LDA #\$7F	; Subrutina de verificación de recepción de
01BD	B706		STA DDRC	; datos del LCD
01BF	A6A0		LDA #\$A0	
01C1	B701		STA PORTB	
01C3	0E02FD	FLAG	BRSET 7,PORTC,FLAG	
01C5	A6FF		LDA #\$FF	
01C5	B706		STA DDRC	
01C8	A680		LDA #\$80	
01CA	B701		STA PORTB	
01CC	B702		STA PORTC	
01CE	A6C0		LDA #\$C0	
01D0	B701		STA PORTB	
01D2	81		RTS	
		FIN	END	

### Rutina de Selección

La rutina se encarga del control del despliegue de los letreros correspondientes a las distintas especies y regiones a seleccionar. A través del manejo de las teclas de avance, retroceso, selección y reinicio, la rutina establece que letrero aparecerá en pantalla y guardará en memoria el código correspondiente a la selección efectuada, de tal manera que al ser requerido por la rutina de ajuste de sensibilidad, se encuentre disponible.

Los códigos de los caracteres de los letreros se encuentran localizados a partir de la localidad A90H. Cada vez que se requiere enviar un mensaje a pantalla, se dispone en el registro X la posición de inicio del letrero y se activa un contador. La figura 5.6.5 muestra el digrama de flujo de la rutina.

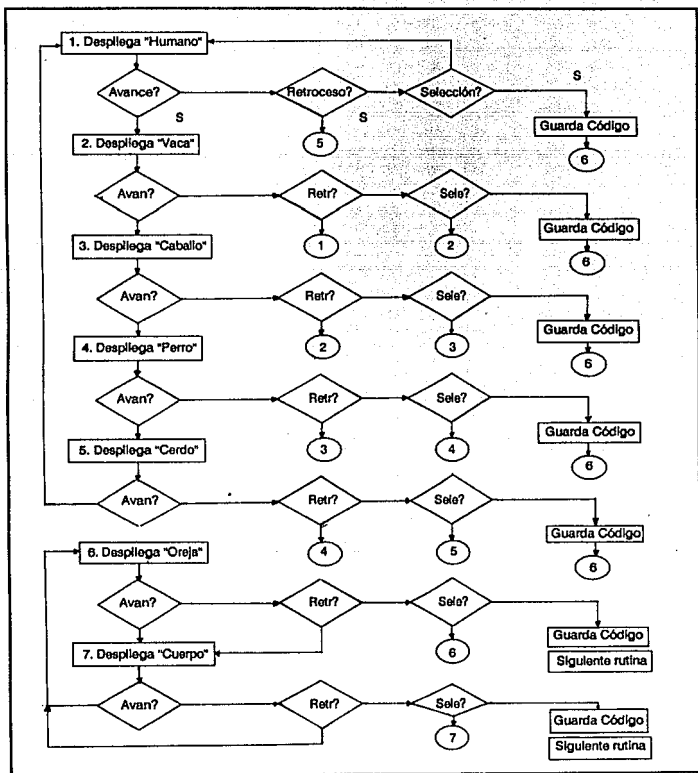


Fig 5.6.5 Diagrama de flujo para la rutina de selección

## Programa

- 0900	CDSE1 EQU \$900	
- 0901	CDSE2 EQU \$901	
- 0A90	HOMO EQU \$A90	; Dirección de inicio del letrero "Humano"
- 0AA0	VACA EQU \$AA0	; Dirección de inicio del letrero "Vaca"
- 0AB0	CABAL EQU \$AB0	; Dirección de inicio del letrero "Caballo"
- 0AC0	FERRO EQU \$AC0	; Dirección de inicio del letrero "Perro"
- 0AD0	CERDO EQU \$AD0	; Dirección de inicio del letrero "Cerdo"
- 0AE0	OREJA EQU \$AE0	; Dirección de inicio del letrero "Oreja"
- 0AF0	CUERP EQU \$AF0	; Dirección de inicio del letrero "Cuerpo"
- 0FFE	RESET EQU \$FFE	
0064 CD017C	DPHO JSR VERI	; Verifica que el LCD esté en condiciones de recibir datos
0067 AE00	LDX #\$00	
0069 D60A90	LHOMO LDA HOMO,X	; En el despliegue aparece el letrero "Humano"
006C B702	STA PORTC	
006E 5C	INCX	
006F A310	CPX #\$10	
0071 26F6	BNE LHOMO	
0073 B600	AVAN1 LDA \$00	; Lee el PORTA para monitorear al teclado
0075 A180	CMP #\$80	; Pregunta si se oprimió la tecla de reinicio
0077 2785	BEQ RESET	
0079 A104	CMP #\$04	; Pregunta si se oprimió la tecla de avance
007B 275F	BEQ DPVA	; Despliega "Vaca"
007D A108	CMP #\$08	; Pregunta si se oprimió la tecla de retroceso
007F 27D3	BEQ DPCR	; Despliega "Cerdo"
0081 A140	CMP #\$40	; Pregunta si se oprimió la tecla de selección
0083 26EE	BNE AVAN1	
0085 A681	LDA #\$81	; Guarda en memoria el código correspondiente
0087 C70900	STA CDSE1	; a "Humano"
008A CD017C	JSR VERI	; Verifica que el LCD esté en condiciones de recibir datos
008D AE00	LOOP LDX #\$00	
008F D60AE0	LDA OREJA,X	
0092 B702	STA PORTC	; En el despliegue aparece el letrero "Oreja"
0094 5C	INCX	
0095 A310	CPX #\$10	
0097 26F6	BNE LOREJ	
0099 B600	LDA \$00	; Lee el PORTA para monitorear al teclado

009B	A180		CMP #80	; Pregunta si se oprimió la tecla de reinicio
009D	275F		BEQ RESET	
009F	A104		CMP #04	; Pregunta si se oprimió la tecla de avance
00A1	2710		BEQ CONTI	; Despliega "Cuerpo"
00A3	A108		CMP #08	; Pregunta si se oprimió la tecla de retroceso
00A5	270C		BEQ CONTI	; Despliega "Cuerpo"
00A7	A140		CMP #40	; Pregunta si se oprimió la tecla de selección
00A9	26EE		BNE ELEC	
00AB	A6C0		LDA #C0	; Guarda en memoria el código correspondiente
00AD	C70901		STA CDSE2	; a"Oreja"
00B0	CD017D		JSR AJSEN	; Termina la selección y va a la rutina de ajuste de sensibilidad
00B3	CD017C	CONTI	JSR VERI	; Despliega "Cuerpo"
00B6	AE00		LDX #00	
00B8	D60AF0	LCUER	LDA CUERP,X	
00BB	B702		STA PORTC	
00BD	5C		INCX	
00BE	A310		CPX #10	
00C0	26F6		BNE LCUER	
00C2	B600	SIG13	LDA 00	; Pregunta si se oprimió la tecla de reinicio
00C4	A180		CMP #80	
00C6	2736		BEQ RESET	
00C8	A104		CMP #04	; Pregunta si se oprimió la tecla de avance
00CA	27BE		BEQ LOOP	; Despliega "Oreja"
00CC	A108		CMP #08	; Pregunta si se oprimió la tecla de retroceso
00CE	27BA		BEQ LOOP	; Despliega "Oreja"
00D0	A140		CMP #40	; Pregunta si se oprimió la tecla de selección
00D2	26EE		BNE SIG13	
00D4	A603		LDA #03	; Guarda en memoria el código correspondiente
00D6	C70901		STA CDSE2	; a"Cuerpo"
00D9	CD017D		JSR AJSEN	; Termina la selección y va a la rutina de ajuste de sensibilidad
00DC	CD017C	DPVA	JSR VERI	; Verifica que el LCD esté en condiciones de recibir datos
00DF	AE00		LDX #00	
00E1	D60AA0	LVACA	LDA VACA,X	; En el despliegue aparece el letrero "Vaca"
00E4	B702		STA PORTC	
00E6	5C		INCX	
00E7	A310		CPX #10	
00E9	26F6		BNE LVACA	

00EB	B600	AVAN2	LDA \$00	; Lee el PORTA para monitorear al teclado
00ED	A180		CMP #\$80	; Pregunta si se oprimió la tecla de reinicio
00EF	270D		BEQ RESET	
00F1	A104		CMP #\$04	; Pregunta si se oprimió la tecla de avance
00F3	270F		BEQ DPCA	; Despliega "Caballo"
00F5	A108		CMP #\$08	; Pregunta si se oprimió la tecla de retroceso
00F7	276B		BEQ DPHO	; Despliega "Humano"
00F9	A140		CMP #\$40	; Pregunta si se oprimió la tecla de selección
00FB	26EE		BNE AVAN2	
00FD	A642		LDA #\$42	; Guarda en memoria el código correspondiente
00FF	C70900		STA CDSE1	; a"Vaca"
0102	BD8A		JSR LOOP	; Salta a la subrutina de selección de región
0104	CD017C	DPCA	JSR VERI	
0107	AE00		LDX #\$00	
0109	D60AB0	LCAB	LDA CABAL,X	; En el despliegue aparece el letrero "Caballo"
010C	B702		STA PORTC	
010E	5C		INCX	
010F	A310		CPX #\$10	
0111	26F6		BNE LCAB	
0113	B600	AVAN3	LDA \$00	; Lee el PORTA para monitorear al teclado
0115	A180		CMP #\$80	; Pregunta si se oprimió la tecla de reinicio
0117	27E5		BEQ RESET	
0119	A104		CMP #\$04	; Pregunta si se oprimió la tecla de avance
011B	270F		BEQ DPPR	; Despliega "Perro"
011D	A108		CMP #\$08	; Pregunta si se oprimió la tecla de retroceso
011F	27BB		BEQ DPVA	; Despliega "Vaca"
0121	A140		CMP #\$40	; Pregunta si se oprimió la tecla de selección
0123	26EE		BNE AVAN3	
0125	A624		LDA #\$24	; Guarda en memoria el código correspondiente
0127	C70900		STA CDSE1	; a"Caballo"
012A	BD8A		JSR LOOP	; Salta a la subrutina de selección de región
012C	CD017C	DPPR	JSR VERI	
012F	AE00		LDX #\$00	
0131	D60AC0	LPERR	LDA PERRO,X	; En el despliegue aparece el letrero "Perro"
0134	B702		STA PORTC	
0136	5C		INCX	
0137	A310		CPX #\$10	
0139	26F6		BNE LPERR	

013B	B600	AVAN4	LDA \$00	; Lee el PORTA para monitorear al teclado
013D	A180		CMP #\$80	; Pregunta si se oprimió la tecla de reinicio
013F	27BD		BEQ RESET	
0141	A104		CMP #\$04	; Pregunta si se oprimió la tecla de avance
0143	270F		BEQ DPCR	; Despliega "Cerdo"
0145	A108		CMP #\$08	; Pregunta si se oprimió la tecla de retroceso
0147	27BB		BEQ DPCR	; Despliega "Ceballo"
0149	A140		CMP #\$40	; Pregunta si se oprimió la tecla de selección
014B	26EE		BNE AVAN4	
014D	A618		LDA #\$18	; Guarda en memoria el código correspondiente
014F	C70900		STA CDSE1	; a"Perro"
0152	BD8A		JSR LOOP	; Salta a la subrutina de selección de región
0154	CD017C	DPCR	JSR VERI	
0157	AE00		LDX #\$00	
0159	D60AD0	LCERD	LDA CERDO,X	; En el despliegue aparece el letrero "Cerdo"
015C	B702		STA PORTC	
015E	5C		INCX	
015F	A310		CPX #\$10	
0161	26F6		BNE LCERD	
0163	B600	AVAN5	LDA \$00	; Lee el PORTA para monitorear al teclado
0165	A180		CMP #\$80	; Pregunta si se oprimió la tecla de reinicio
0167	2795		BEQ RESET	
0169	A104		CMP #\$04	; Pregunta si se oprimió la tecla de avance
016B	27F7		BEQ DPHO	; Despliega "Humano"
016D	A108		CMP #\$08	; Pregunta si se oprimió la tecla de retroceso
016F	27BB		BEQ DPPR	; Despliega "Perro"
0171	A140		CMP #\$40	; Pregunta si se oprimió la tecla de selección
0173	26EE		BNE AVAN5	
0175	A6FF		LDA #\$FF	; Guarda en memoria el código correspondiente
0177	C70900		STA CDSE1	; a"Cerdo"
017A	BD8A		JSR LOOP	; Salta a la subrutina de selección de región
017C	B1	VERI	RTS	
0000		AJSEN	END	

### Rutina de ajuste de sensibilidad

Esta rutina controla la selección de la resistencia de referencia R1 (resistencia de ajuste de sensibilidad), que es conectada a la entrada del circuito puente, utilizado para medir la resistencia de la piel.

Como primer paso, se lee el código de selección de "especie-región", obtenido de la rutina anterior, una vez que el usuario ha realizado su selección. A continuación, se compara el código recibido contra las 10 posibles combinaciones, grabadas en memoria, que tienen asociada una línea del multiplexor, que será la encargada de conectar al puente la resistencia adecuada. Una vez que se realiza el proceso de ajuste, se da inicio al registro de resistencia. La figura 5.6.6 contiene el diagrama de flujo de la rutina.

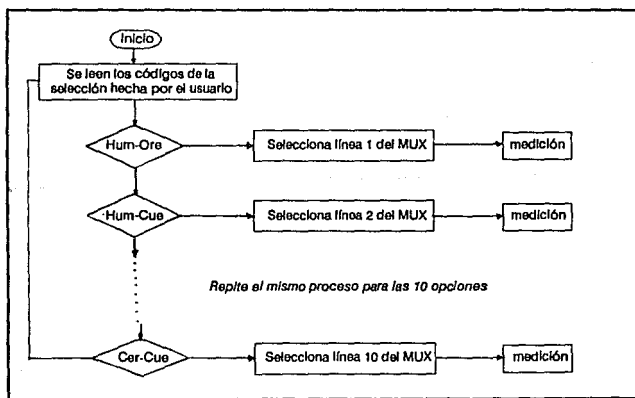


Fig 5.6.6 Diagrama de flujo para la rutina para ajuste de sensibilidad

Programa

• 0104 C60900	AJSEN	LDA CDSE1	: Se lee el código de la selección de espacio teclada
0107 A181		CMP #81	: y se compara con las posibles opciones
0109 2713		BEQ CPOC1	
010B A142		CMP #542	
010D 271D		BEQ CPOC2	
010F A124		CMP #524	
0111 2727		BEQ CPOC3	
0113 A118		CMP #518	
0115 2731		BEQ CPOC4	
0117 A1FF		CMP #5FF	
0119 273B		BEQ CPOC5	
011B CD01B7		JSR AJSEN	
011E C60901		LDA CDSE2	: Se lee el código de la selección de región teclada
0121 A1C0		CMP #5C0	: se compara con las posibles opciones y se elige la
0123 273F	CPOC1	BEQ MUX1	: línea de salida del multiplexor
0125 A103		CMP #503	
0127 2742		BEQ MUX2	
0129 CD01B7		JSR AJSEN	
012C C60901		LDA CDSE2	
012F A1C0		CMP #5C0	
0131 273F	CPOC2	BEQ MUX3	
0133 A103		CMP #503	
0135 2742		BEQ MUX4	
0137 CD01B7		JSR AJSEN	
013A C60901		LDA CDSE2	
013D A1C0		CMP #5C0	
013F 273F	CPOC3	BEQ MUX5	
0141 A103		CMP #503	
0143 2742		BEQ MUX6	
0145 CD01B7		JSR AJSEN	
0148 C60901		LDA CDSE2	
014B A1C0		CMP #5C0	
014D 273F	CPOC4	BEQ MUX7	
014F A103		CMP #503	
0151 2742		BEQ MUX8	
0153 CD01B7		JSR AJSEN	



0156	C60901	CPOC5	LDA	CDSE2	
0159	A1C0		CMP	#\$C0	
015B	273F		BEQ	MUX9	
015D	A103		CMP	#\$03	
015F	2742		BEQ	MUX10	
0161	CD01B7		JSR	AJSEN	
0164	A680	MUX1	LDA	#\$80	; Selecciona línea 1
0166	B701		STA	PORTB	
0168	CD01AA		JSR	MEDIC	; Salta a rutina de medición
016B	A682	MUX2	LDA	#\$82	; Selecciona línea 2
016D	B701		STA	PORTB	
016F	CD01AA		JSR	MEDIC	
0172	A684	MUX3	LDA	#\$84	; Selecciona línea 3
0174	B701		STA	PORTB	
0176	CD01AA		JSR	MEDIC	
0179	A656	MUX4	LDA	#\$86	; Selecciona línea 4
017B	B701		STA	PORTB	
017D	CD01AA		JSR	MEDIC	
0180	A688	MUX5	LDA	#\$88	; Selecciona línea 5
0182	B701		STA	PORTB	
0184	CD01AA		JSR	MEDIC	
0187	A68A	MUX6	LDA	#\$8A	; Selecciona línea 6
0189	B701		STA	PORTB	
018B	CD01AA		JSR	MEDIC	
018E	A68C	MUX7	LDA	#\$8C	; Selecciona línea 7
0190	B701		STA	PORTB	
0192	CD01AA		JSR	MEDIC	
0195	A68E	MUX8	LDA	#\$8E	; Selecciona línea 8
0197	B701		STA	PORTB	
0199	CD01AA		JSR	MEDIC	
019C	A690	MUX9	LDA	#\$90	; Selecciona línea 9
019E	B701		STA	PORTB	
01A0	CD01AA		JSR	MEDIC	
01A3	A692	MUX10	LDA	#\$92	; Selecciona línea 10
01A5	B701		STA	PORTB	
01A7	CD01AA		JSR	MEDIC	

## **Rutina de Medición**

Se divide en tres secciones: conversión de la señal analógica, búsqueda en tablas del valor de resistencia correspondiente, despliegue del valor resistivo asociado al punto y activación del zumbador en caso de ser acupunto.

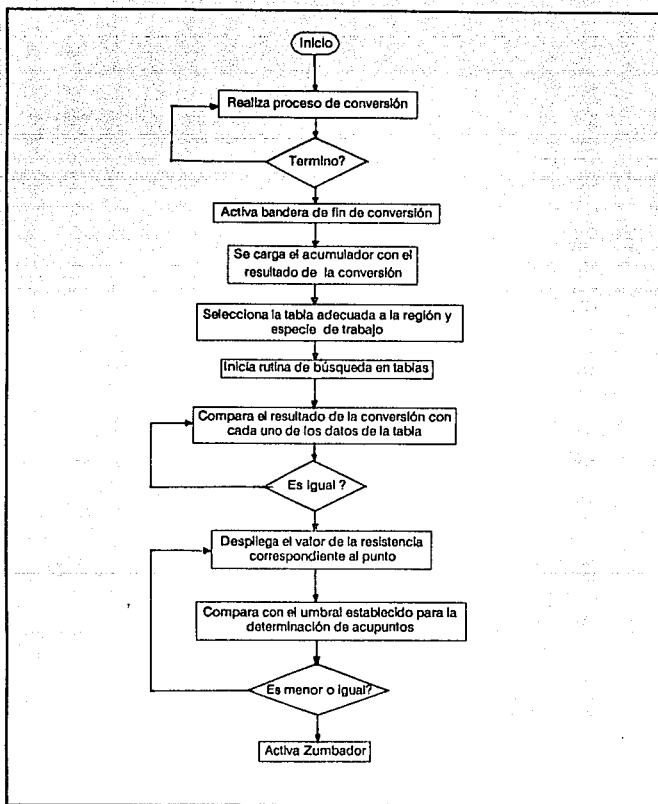
Para llevar a cabo la conversión, se lee la entrada analógica del puerto D, internamente el MCU comienza el proceso y mantiene la bandera de fin de conversión en 1, cuando termina la conversión (B7 del ACSR igual a \*0\*), el resultado de la misma se transfiere al acumulador, y se inicia la subrutina de búsqueda en tabla.

Haciendo uso del código de control que se envía al multiplexor de ajuste de sensibilidad, se define la dirección de inicio de la tabla de valores de resistencias que corresponde a la selección efectuada (recordar que se cuenta con una tabla para cada opción, 10 en total).

La subrutina de búsqueda, comparará el resultado de la medición, contra los 75 valores de la tabla de resistencias, y contra cada umbral establecido para puntos activos. Cuando se localiza el valor resistivo asociado a la lectura efectuada, se despliega en pantalla. Si el valor localizado es menor o igual al umbral, se activa el zumbador, para indicar la presencia del acupunto.

Si durante la medición se retira la punta de pruebas del individuo, en el despliegue se conserva el último valor de resistencia leído.

Finalmente, la rutina de medición monitorea las teclas de paro y reinicio, como teclas de control para dar por terminada la etapa de medición de resistencia. Si se oprime paro, la rutina queda en espera de las teclas de ejecuta, para volver a realizar una medición, o bien de reinicio para efectuar una nueva selección, si así se desea.



5.6.7 Diagrama de flujo para la rutina de medición

Programa

0106	B680	INICI	LDA	ADRR	; Carga al acumulador con el resultado de la conversión
0108	A11C		CMP	#\$1C	; Inicia rutina de comparación
010A	27FB		BEQ	VAL1	; Despliega 40
010C	A11D		CMP	#\$1D	
010E	2701		BEQ	VAL2	; Despliega 42
0110	A11E		CMP	#\$1E	
0112	27FD		BEQ	VAL2	
0114	A11F		CMP	#\$1F	
0116	2703		BEQ	VAL3	; Despliega 45
0118	A120		CMP	#\$20	
011A	27FF		BEQ	VAL3	
011C	A121		CMP	#\$21	
011E	2705		BEQ	VAL4	; Despliega 48
0120	A122		CMP	#\$22	
0122	2701		BEQ	VAL4	
0124	A123		CMP	#\$23	
0126	2707		BEQ	VAL5	; Despliega 50
0128	A124		CMP	#\$24	
012A	270D		BEQ	VAL6	; Despliega 52
012C	A125		CMP	#\$25	
012E	2709		BEQ	VAL6	
0130	A126		CMP	#\$26	
0132	270F		BEQ	VAL7	; Despliega 55
0134	A127		CMP	#\$27	
0136	270B		BEQ	VAL7	
0138	A128		CMP	#\$28	
013A	2711		BEQ	VAL8	; Despliega 58
013C	A129		CMP	#\$29	
013E	270D		BEQ	VAL8	
0140	A12A		CMP	#\$2A	
0142	2713		BEQ	VAL9	; Despliega 60
0144	A12B		CMP	#\$2B	
0146	2719		BEQ	VAL10	; Despliega 62

014B	A12C	CMP	#\$2C	
014A	2715	BEQ	VAL10	
014C	A12D	CMP	#\$2D	
014E	271B	BEQ	VAL11	; Despliega 65
0150	A12E	CMP	#\$2E	
0152	2717	BEQ	VAL11	
0154	A12F	CMP	#\$2F	
0156	271D	BEQ	VAL12	; Despliega 68
015B	A130	CMP	#\$30	
015A	2719	BEQ	VAL12	
015C	A131	CMP	#\$31	
015E	271F	BEQ	VAL13	; Despliega 70
0160	A132	CMP	#\$32	
0162	2725	BEQ	VAL14	; Despliega 72
0164	A133	CMP	#\$33	
0166	2721	BEQ	VAL14	
0168	A134	CMP	#\$34	
016A	2727	BEQ	VAL15	; Despliega 75
016C	A135	CMP	#\$35	
016E	2723	BEQ	VAL15	
0170	A136	CMP	#\$36	
0172	2729	BEQ	VAL16	; Despliega 78
0174	A137	CMP	#\$37	
0176	2725	BEQ	VAL16	
0178	A138	CMP	#\$38	
017A	272B	BEQ	VAL17	; Despliega 80
017C	A139	CMP	#\$39	
017E	2731	BEQ	VAL18	; Despliega 82
0180	A13A	CMP	#\$3A	
0182	272D	BEQ	VAL18	
0184	A13B	CMP	#\$3B	
0186	2733	BEQ	VAL19	; Despliega 85
0188	A13C	CMP	#\$3C	
018A	272F	BEQ	VAL19	
018C	A13D	CMP	#\$3D	
018E	2735	BEQ	VAL20	; Despliega 88

0190 A13E	CMP	#\$3E	
0192 2731	BEQ	VAL20	
0194 A13F	CMP	#\$3F	
0196 2737	BEQ	VAL21	; Despliega 90
0198 A140	CMP	#\$40	
019A 273D	BEQ	VAL22	; Despliega 92
019C A141	CMP	#\$41	
019E 2739	BEQ	VAL22	
01A0 A142	CMP	#\$42	
01A2 273F	BEQ	VAL23	; Despliega 94
01A4 A143	CMP	#\$43	
01A6 273B	BEQ	VAL23	
01A8 A144	CMP	#\$44	
01AA 2741	BEQ	VAL24	; Despliega 98
01AC A145	CMP	#\$45	
01AE 273D	BEQ	VAL24	
01B0 A146	CMP	#\$46	
01B2 2743	BEQ	VAL25	; Despliega 100
01B4 A147	CMP	#\$47	
01B6 2749	BEQ	VAL26	; Despliega 102
01B8 A148	CMP	#\$48	
01BA 2745	BEQ	VAL26	
01BC A149	CMP	#\$49	
01BE 274B	BEQ	VAL27	; Despliega 104
01C0 A14A	CMP	#\$4A	
01C2 2747	BEQ	VAL27	
01C4 A14B	CMP	#\$4B	
01C6 274D	BEQ	VAL28	; Despliega 108
01C8 A14C	CMP	#\$4C	
01CA 2749	BEQ	VAL28	
01CC A14D	CMP	#\$4D	
01CE 274F	BEQ	VAL29	; Despliega 110
01D0 A14E	CMP	#\$4E	
01D2 2755	BEQ	VAL30	; Despliega 112
01D4 A14F	CMP	#\$4F	
01D6 2751	BEQ	VAL30	

01D8	A150	CMP	#\$50	
01DA	2757	BEQ	VAL31	; Despliega 115
01DC	A151	CMP	#\$51	
01DE	2753	BEQ	VAL31	
01E0	A152	CMP	#\$52	
01E2	2759	BEQ	VAL32	; Despliega 118
01E4	A153	CMP	#\$53	
01E6	2755	BEQ	VAL32	
01E8	A154	CMP	#\$54	
01EA	275B	BEQ	VAL33	; Despliega 120
01EC	A155	CMP	#\$55	
01EE	2761	BEQ	VAL34	; Despliega 122
01F0	A156	CMP	#\$56	
01F2	275D	BEQ	VAL34	
01F4	A157	CMP	#\$57	
01F6	2763	BEQ	VAL35	; Despliega 125
01F8	A158	CMP	#\$58	
01FA	275F	BEQ	VAL35	
01FC	A159	CMP	#\$59	
01FE	2765	BEQ	VAL36	; Despliega 128
0200	A15A	CMP	#\$5A	
0202	2761	BEQ	VAL36	
0204	A15B	CMP	#\$5B	
0206	2767	BEQ	VAL37	; Despliega 130
0208	A15C	CMP	#\$5C	
020A	276D	BEQ	VAL38	; Despliega 132
020C	A15D	CMP	#\$5D	
020E	2769	BEQ	VAL38	
0210	A15E	CMP	#\$5E	
0212	276F	BEQ	VAL39	; Despliega 135
0214	A15F	CMP	#\$5F	
0216	276B	BEQ	VAL39	
0218	A160	CMP	#\$60	
021A	2771	BEQ	VAL40	; Despliega 138
021C	A161	CMP	#\$61	
021E	276D	BEQ	VAL40	

0220	A162	CMP	#\$62	
0222	2773	BEQ	VAL41	: Despliega 140
0224	A163	CMP	#\$63	
0226	2779	BEQ	VAL42	: Despliega 142
0228	A164	CMP	#\$64	
022A	2775	BEQ	VAL42	
022C	A165	CMP	#\$65	
022E	277B	BEQ	VAL43	: Despliega 145
0230	A166	CMP	#\$66	
0232	2777	BEQ	VAL43	
0234	A167	CMP	#\$67	
0236	277D	BEQ	VAL44	: Despliega 148
0238	A168	CMP	#\$68	
023A	2779	BEQ	VAL44	
023C	A169	CMP	#\$69	
023E	277F	BEQ	VAL45	: Despliega 150
0240	A16A	CMP	#\$6A	
0242	2785	BEQ	VAL46	: Despliega 152
0244	A16B	CMP	#\$6B	
0246	2781	BEQ	VAL46	
0248	A16C	CMP	#\$6C	
024A	2787	BEQ	VAL47	: Despliega 155
024C	A16D	CMP	#\$6D	
024E	2783	BEQ	VAL47	
0250	A16E	CMP	#\$6E	
0252	2789	BEQ	VAL48	: Despliega 158
0254	A16F	CMP	#\$6F	
0256	2785	BEQ	VAL48	
0258	A170	CMP	#\$70	
025A	278B	BEQ	VAL49	: Despliega 160
025C	A171	CMP	#\$71	
025E	2791	BEQ	VAL50	: Despliega 162
0260	A172	CMP	#\$72	
0262	278D	BEQ	VAL50	
0264	A173	CMP	#\$73	
0266	2793	BEQ	VAL51	: Despliega 165



0268	A174	CMP	#\$74	
026A	278F	BEQ	VAL51	
026C	A175	CMP	#\$75	
026E	2795	BEQ	VAL52	; Despliega 168
0270	A176	CMP	#\$76	
0272	2791	BEQ	VAL52	
0274	A177	CMP	#\$77	
0276	2797	BEQ	VAL53	; Despliega 170
0278	A178	CMP	#\$78	
027A	279D	BEQ	VAL54	; Despliega 172
027C	A179	CMP	#\$79	
027E	2799	BEQ	VAL54	
0280	A17A	CMP	#\$7A	
0282	279F	BEQ	VAL55	; Despliega 175
0284	A17B	CMP	#\$7B	
0286	279B	BEQ	VAL55	
0288	A17C	CMP	#\$7C	
028A	2797	BEQ	VAL55	
028C	A17D	CMP	#\$7D	
028E	279D	BEQ	VAL56	; Despliega 178
0290	A17E	CMP	#\$7E	
0292	2799	BEQ	VAL56	
0294	A17F	CMP	#\$7F	
0296	279F	BEQ	VAL57	; Despliega 180
0298	A180	CMP	#\$80	
029A	27A5	BEQ	VAL58	; Despliega 182
029C	A181	CMP	#\$81	
029E	27A1	BEQ	VAL58	
02A0	A182	CMP	#\$82	
02A2	27A7	BEQ	VAL59	; Despliega 185
02A4	A183	CMP	#\$83	
02A6	27A3	BEQ	VAL59	
02A8	A184	CMP	#\$84	
02AA	27A9	BEQ	VAL60	; Despliega 188
02AC	A185	CMP	#\$85	
02AE	27A5	BEQ	VAL60	

02B0	A186	CMP	#\$85	
02B2	27AB	BEQ	VAL61	; Despliega 190
02B4	A187	CMP	#\$87	
02B6	27B1	BEQ	VAL62	; Despliega 192
02B8	A188	CMP	#\$88	
02BA	27AD	BEQ	VAL62	
02BC	A189	CMP	#\$89	
02BE	27B3	BEQ	VAL63	; Despliega 195
02C0	A18A	CMP	#\$8A	
02C2	27AF	BEQ	VAL63	
02C4	A18B	CMP	#\$8B	
02C6	27B5	BEQ	VAL64	; Despliega 198
02C8	A18C	CMP	#\$8C	
02CA	27B1	BEQ	VAL64	
02CC	A18D	CMP	#\$8D	
02CE	27B7	BEQ	VAL65	; Despliega 200
02D0	A18E	CMP	#\$8E	
02D2	27BD	BEQ	VAL66	; Despliega 202
02D4	A18F	CMP	#\$8F	
02D6	27B9	BEQ	VAL66	
02D8	A190	CMP	#\$90	
02DA	27BF	BEQ	VAL67	; Despliega 205
02DC	A191	CMP	#\$91	
02DE	27BB	BEQ	VAL67	
02E0	A192	CMP	#\$92	
02E2	27C1	BEQ	VAL68	; Despliega 208
02E4	A193	CMP	#\$93	
02E6	27BD	BEQ	VAL68	
02E8	A194	CMP	#\$94	
02EA	27C3	BEQ	VAL69	; Despliega 210
02EC	A195	CMP	#\$95	
02EE	27C9	BEQ	VAL70	; Despliega 212
02F0	A196	CMP	#\$96	
02F2	27C5	BEQ	VAL70	
02F4	A197	CMP	#\$97	
02F6	27CB	BEQ	VAL71	; Despliega 214
02F8	A198	CMP	#\$98	

02FA	27C7		BEQ	VAL71	
02FC	A199		CMP	#\$99	
02FE	27CD		BEQ	VAL72	; Despliega 216
0300	A19A		CMP	#\$9A	
0302	27C9		BEQ	VAL72	
0304	CC0106		JMP	INICI	
0307	CD05D7	VAL1	JSR	CUATS	; Inicia rutinas de despliegue. Llama a una subrutina
030A	A630		LDA	#\$30	; según el intervalo en el que se encuentra el valor
030C	B702		STA	PORTC	; de resistencia a desplegar y luego cambia solo un
030E	CC0106		JMP	INICI	; dígito del letrero general.
0311	CD05D7	VAL2	JSR	CUATS	
0314	A632		LDA	#\$32	
0316	B702		STA	PORTC	
031B	CC0106		JMP	INICI	
031B	CD05D7	VAL3	JSR	CUATS	
031E	A635		LDA	#\$35	
0320	B702		STA	PORTC	
0322	CC0106		JMP	INICI	
0325	CD05D7	VAL4	JSR	CUATS	
0328	A638		LDA	#\$38	
032A	B702		STA	PORTC	
032C	CC0106		JMP	INICI	
032F	CD05E3	VAL5	JSR	CNQTS	
0332	A630		LDA	#\$30	
0334	B702		STA	PORTC	
0336	CC0106		JMP	INICI	
0339	CD05E3	VAL6	JSR	CNQTS	
033C	A632		LDA	#\$32	
033E	B702		STA	PORTC	
0340	CC0106		JMP	INICI	
0343	CD05E3	VAL7	JSR	CNQTS	
0346	A635		LDA	#\$35	
0348	B702		STA	PORTC	
034A	CC0106		JMP	INICI	
034D	CD05E3	VAL8	JSR	CNQTS	
0350	A638		LDA	#\$38	

0352	B702		STA	PORTC
0354	CC0106		JMP	INICI
0357	CD05EF	VAL9	JSR	SESTS
035A	A630		LDA	#\$30
035C	B702		STA	PORTC
035E	CC0106		JMP	INICI
0361	CD05EF	VAL10	JSR	SESTS
0364	A632		LDA	#\$32
0366	B702		STA	PORTC
0368	CC0106		JMP	INICI
036B	CD05EF	VAL11	JSR	SESTS
036E	A635		LDA	#\$35
0370	B702		STA	PORTC
0372	CC0106		JMP	INICI
0375	CD05EF	VAL12	JSR	SESTS
0378	A638		LDA	#\$38
037A	B702		STA	PORTC
037C	CC0106		JMP	INICI
037F	CD05FB	VAL13	JSR	SETTS
0382	A630		LDA	#\$30
0384	B702		STA	PORTC
0386	CC0106		JMP	INICI
0389	CD05FB	VAL14	JSR	SETTS
038C	A632		LDA	#\$32
038E	B702		STA	PORTC
0390	CC0106		JMP	INICI
0393	CD05FB	VAL15	JSR	SETTS
0396	A635		LDA	#\$35
0398	B702		STA	PORTC
039A	CC0106		JMP	INICI
039D	CD05FB	VAL16	JSR	SETTS
03A0	A638		LDA	#\$38
03A2	B702		STA	PORTC
03A4	CC0106		JMP	INICI
03A7	CD0607	VAL17	JSR	OCHTS
03AA	B702		LDA	#\$30

03AC	B702	STA	PORTC
03AE	CC0106	JMP	INICI
03B1	CD0607	VAL18	JSR OCHTS
03B4	A632	LDA	#\$32
03B6	B702	STA	PORTC
03B8	CC0106	JMP	INICI
03BB	CD0607	VAL19	JSR OCHTS
03BE	A635	LDA	#\$35
03C0	B702	STA	PORTC
03C2	CC0106	JMP	INICI
03C5	CD0607	VAL20	JSR OCHTS
03C8	A638	LDA	#\$38
03CA	B702	STA	PORTC
03CC	CC0106	JMP	INICI
03CF	CD0613	VAL21	JSR NOVTS
03D2	A630	LDA	#\$30
03D4	B702	STA	PORTC
03D6	CC0106	JMP	INICI
03D9	CD0613	VAL22	JSR NOVTS
03DC	A632	LDA	#\$32
03DE	B702	STA	PORTC
03E0	CC0106	JMP	INICI
03E3	CD0613	VAL23	JSR NOVTS
03E6	A635	LDA	#\$35
03E8	B702	STA	PORTC
03EA	CC0106	JMP	INICI
03ED	CD0613	VAL24	JSR NOVTS
03F0	A638	LDA	#\$38
03F2	B702	STA	PORTC
03F4	CC0106	JMP	INICI
03F7	CD061F	VAL25	JSR CIENS
03FA	A630	LDA	#\$30
03FC	B702	STA	PORTC
03FE	CC0106	JMP	INICI
0401	CD061F	VAL26	JSR CIENS
0404	A632	LDA	#\$32

0408	B702		STA	PORTC
0408	CC0106		JMP	INICI
040B	CD061F	VAL27	JSR	CIENS
040E	A635		LDA	#\$35
0410	B702		STA	PORTC
0412	CC0106		JMP	INICI
0415	CD061F	VAL28	JSR	CIENS
0418	A638		LDA	#\$38
041A	B702		STA	PORTC
041C	CC0106		JMP	INICI
041F	CD062B	VAL29	JSR	CINDZ
0422	A630		LDA	#\$30
0424	B702		STA	PORTC
0426	CC0106		JMP	INICI
0429	CD062B	VAL30	JSR	CINDZ
042C	A632		LDA	#\$32
042E	B702		STA	PORTC
0430	CC0106		JMP	INICI
0433	CD062B	VAL31	JSR	CINDZ
0436	A635		LDA	#\$35
0438	B702		STA	PORTC
043A	CC0106		JMP	INICI
043D	CD062B	VAL32	JSR	CINDZ
0440	A638		LDA	#\$38
0442	B702		STA	PORTC
0444	CC0106		JMP	INICI
0447	CD0637	VAL33	JSR	CVETS
044A	A630		LDA	#\$30
044C	B702		STA	PORTC
044E	CC0106		JMP	INICI
0451	CD0637	VAL34	JSR	CVETS
0454	A632		LDA	#\$32
0456	B702		STA	PORTC
0458	CC0106		JMP	INICI
045B	CD0637	VAL35	JSR	CVETS
045E	A635		LDA	#\$35

0460	B702		STA	PORTC
0482	CC0106		JMP	INICI
0485	CD0637	VAL36	JSR	CVETS
0488	A638		LDA	#\$38
046A	B702		STA	PORTC
048C	CC0106		JMP	INICI
048F	CD0643	VAL37	JSR	CTRSTS
0472	A630		LDA	#\$30
0474	B702		STA	PORTC
0476	CC0106		JMP	INICI
0479	CD0643	VAL38	JSR	CTRSTS
047C	A632		LDA	#\$32
047E	B702		STA	PORTC
0480	CC0106		JMP	INICI
0483	CD0643	VAL39	JSR	CTRSTS
0486	A635		LDA	#\$35
0488	B702		STA	PORTC
048A	CC0106		JMP	INICI
048D	CD0643	VAL40	JSR	CTRSTS
0490	A638		LDA	#\$38
0492	B702		STA	PORTC
0494	CC0106		JMP	INICI
0497	CD064F	VAL41	JSR	CCATS
049A	A630		LDA	#\$30
49C	B702		STA	PORTC
049E	CC0106		JMP	INICI
04A1	CD064F	VAL42	JSR	CCATS
04A4	A632		LDA	#\$32
04A6	B702		STA	PORTC
04A8	CC0106		JMP	INICI
04AB	CD064F	VAL43	JSR	CCATS
04AE	A635		LDA	#\$35
04B0	B702		STA	PORTC
04B2	CC0106		JMP	INICI
04B5	CD064F	VAL44	JSR	CCATS
04B8	A638		LDA	#\$38

04D8 B702		STA	PORTC
04DA CC0106		JMP	INICI
04DD CD065B	VAL45	JSR	CCQTS
04E0 A638		LDA	#\$30
04E2 B702		STA	PORTC
04E4 CC0106		JMP	INICI
04E7 CD0667	VAL46	JSR	CCQTS
04EA A630		LDA	#\$32
04EC B702		STA	PORTC
04EE CC0106		JMP	INICI
04F1 CD0667	VAL47	JSR	CCQTS
04F4 A632 04F6		LDA	#\$35
04BA B702		STA	PORTC
04BC CC0106		JMP	INICI
04BF CD065B	VAL48	JSR	CCQTS
04C2 A630		LDA	#\$38
04C4 B702		STA	PORTC
04C8 CC0106		JMP	INICI
04C9 CD065B	VAL49	JSR	CSEST
04CC A632		LDA	#\$30
04CE B702		STA	PORTC
04D0 CC0106		JMP	INICI
04D3 CD065B	VAL50	JSR	CSEST
04D6 A635		LDA	#\$32
04D8 B702		STA	PORTC
04F8 CC0106		JMP	INICI
04FB CD0667	VAL51	JSR	CSEST
04FE A635		LDA	#\$35
0500 B702		STA	PORTC
0502 CC0106		JMP	INICI
0505 CD0667	VAL52	JSR	CSEST
0508 A638		LDA	#\$38
050A B702		STA	PORTC
050C CC0106		JMP	INICI
050F CD0673	VAL53	JSR	CSETT
0512 A630		LDA	#\$30
0514 B702		STA	PORTC



0516	CC0106	JMP	INICI
0519	CD0673	VAL54 JSR	CSETT
051C	A632	LDA	#\$32
051E	B702	STA	PORTC
0520	CC0106	JMP	INICI
0523	CD0673	VAL55 JSR	CSETT
0526	A635	LDA	#\$35
0528	B702	STA	PORTC
052A	CC0106	JMP	INICI
052D	CD0673	VAL56 JSR	CSETT
0530	A638	LDA	#\$38
0532	B702	STA	PORTC
0534	CC0106	JMP	INICI
0537	CD067F	VAL57 JSR	COHTS
053A	A630	LDA	#\$30
053C	B702	STA	PORTC
053E	CC0106	JMP	INICI
0541	CD067F	VAL58 JSR	COHTS
0544	A632	LDA	#\$32
0546	B702	STA	PORTC
0548	CC0106	JMP	INICI
054B	CD067F	VAL59 JSR	COHTS
054E	A635	LDA	#\$35
0550	B702	STA	PORTC
0552	CC0106	JMP	INICI
0555	CD067F	VAL60 JSR	COHTS
0558	A638	LDA	#\$38
055A	B702	STA	PORTC
055C	CC0106	JMP	INICI
055F	CD068B	VAL61 JSR	CNVTs
0562	A630	LDA	#\$30
0564	B702	STA	PORTC
0566	CC0106	JMP	INICI
0569	CD068B	VAL62 JSR	CNVTs
056C	A632	LDA	#\$32
056E	B702	STA	PORTC

0570	CC0106		JMP INICI
0573	CD068B	VAL 63	JSR CNVTS
0576	A635		LDA # \$35
0578	B702		STA PORTC
057A	CC0106		JMP INICI
057D	CD068B	VAL64	JSR CNVTS
0580	A638		LDA # \$38
0582	B702		STA PORTC
0584	CC0106		JMP INICI
0587	CD0697	VAL65	JSR DSCTS
058A	A630		LDA # \$30
058C	B702		STA PORTC
058E	CC0106		JMP INICI
0591	CD0697	VAL66	JSR DSCTS
0594	A632		LDA # \$32
0596	B702		STA PORTC
0598	CC0106		JMP INICI
059B	CD0697	VAL67	JSR DSCTS
059E	A635		LDA # \$35
05A0	B702		STA PORTC
05A2	CC0106		JMP INICI
05A5	CD0697	VAL68	JSR DSCTS
05A8	A638		LDA # \$38
05AA	B702		STA PORTC
05AC	CC0106		JMP INICI
05AF	CD06A3	VAL69	JSR DDZTS
05B2	A600		LDA # \$30
05B4	B702		STA PORTC
05B6	CC0106		JMP INICI
05B9	CD06A3	VAL70	JSR DDZTS
05BC	A632		LDA # \$32
05BE	B702		STA PORTC
05C0	CC0106		JMP INICI
05C3	CD06A3	VAL71	JSR DDZTS
05C6	A634		LDA # \$34
05C8	B702		STA PORTC

05CA	CC0106		JMP	INICI	
05CD	CD06A3	VAL72	JSR	DDZTS	; Ultima subrutina de despliegue de valores resistivos
05D0	A636		LDA	#\$36	
05D2	B702		STA	PORTC	
05D4	CC0106		JMP	INICI	
05D7	CD06AF	CUATS	JSR	VERIF	; Subrutina para despliegue de 40's
05DA	A690		LDA	#\$90	
05DC	B702		STA	PORTC	
05DE	A634		LDA	#\$34	
05E0	B702		STA	PORTC	
05E2	B1		RTS		
05E3	CD06AF	CNQTS	JSR	VERIF	; Subrutina para despliegue de 50's
05E6	A690		LDA	#\$90	
05E8	B702		STA	PORTC	
05EA	A635		LDA	#\$35	
05EC	B702		STA	PORTC	
05EE	B1		RTS		
05EF	CD06AF	SESTS	JSR	VERIF	; Subrutina para despliegue de 60's
05F2	A690		LDA	#\$90	
05F4	B702		STA	PORTC	
05F6	A636		LDA	#\$36	
05F8	B702		STA	PORTC	
05FA	B1		RTS		
05FB	CD06AF	SETTS	JSR	VERIF	; Subrutina para despliegue de 70's
05FE	A690		LDA	#\$90	
0600	B702		STA	PORTC	
0602	A637		LDA	#\$37	
0604	B702		STA	PORTC	
0606	B1		RTS		
0607	CD06AF	OCHTS	JSR	VERIF	; Subrutina para despliegue de 80's
060A	A690		LDA	#\$90	
060C	B702		STA	PORTC	
060E	A638		LDA	#\$38	
0610	B702		STA	PORTC	
0612	B1		RTS		
0613	CD06AF	NOVTS	JSR	VERIF	; Subrutina para despliegue de 90's

0616	A690		LDA	#\$90	
0618	B702		STA	PORTC	
061A	A639		LDA	#\$39	
061C	B702		STA	PORTC	
061E	81		RTS		
061F	CD06AF	CIENS	JSR	VERIF	; Subrutina para despliegue de 100's
0622	A631		LDA	#\$31	
0624	B702		STA	PORTC	
0626	A630		LDA	#\$30	
0628	B702		STA	PORTC	
062A	81		RTS		
062B	CD06AF	CINDZ	JSR	VERIF	; Subrutina para despliegue de 110's
062E	A631		LDA	#\$31	
0630	B702		STA	PORTC	
0632	A631		LDA	#\$31	
0634	B702		STA	PORTC	
0636	81		RTS		
0637	CD06AF	CVETS	JSR	VERIF	; Subrutina para despliegue de 120's
063A	A631		LDA	#\$31	
063C	B702		STA	PORTC	
063E	A632		LDA	#\$32	
0640	B702		STA	PORTC	
0642	81		RTS		
0643	CD06AF	CTRYS	JSR	VERIF	; Subrutina para despliegue de 130's
0646	A631		LDA	#\$31	
0648	B702		STA	PORTC	
064A	A633		LDA	#\$33	
064C	B702		STA	PORTC	
064E	81		RTS		
064F	CD06AF	CCATS	JSR	VERIF	; Subrutina para despliegue de 140's
0652	A631		LDA	#\$31	
0654	B702		STA	PORTC	
0656	A634		LDA	#\$34	
0658	B702		STA	PORTC	
065A	81		RTS		
065B	CD06AF	CCQTS	JSR	VERIF	; Subrutina para despliegue de 150's

065E	A631	LDA	#\$31	
0660	B702	STA	PORTC	
0662	A635	LDA	#\$35	
0664	B702	STA	PORTC	
0666	B1	RTS		
0667	CD06AF	CSETS	JSR VERIF	; Subrutina para despliegue de 160's
066A	A631	LDA	#\$31	
066C	B702	STA	PORTC	
066E	A636	LDA	#\$36	
0670	B702	STA	PORTC	
0672	B1	RTS		
0673	CD06AF	CSETT	JSR VERIF	; Subrutina para despliegue de 170's
0676	A631	LDA	#\$31	
0678	B702	STA	PORTC	
067A	A637	LDA	#\$37	
067C	B702	STA	PORTC	
067E	B1	RTS		
067F	CD05AF	COHTS	JSR VERIF	; Subrutina para despliegue de 180's
0682	A631	LDA	#\$31	
0684	B702	STA	PORTC	
0686	A638	LDA	#\$38	
0688	B702	STA	PORTC	
068A	B1	RTS		
068B	CD06AF	CNVT5	JSR VERIF	; Subrutina para despliegue de 190's
068E	A631	LDA	#\$31	
0690	B702	STA	PORTC	
0692	A639	LDA	#\$39	
0694	B702	STA	PORTC	
0696	B1	RTS		
0697	CD06AF	DSCTS	JSR VERIF	; Subrutina para despliegue de 200's
069A	A632	LDA	#\$32	
069C	B702	STA	PORTC	
069E	A630	LDA	#\$30	
06A0	B702	STA	PORTC	
06A2	B1	RTS		
06A3	CD06AF	DDZTS	JSR VERIF	; Subrutina para despliegue de 210's
06A6	A632	LDA	#\$32	

```

06A8 B702          STA  PORTC
06AA A831          LDA  #$31
06AC B702          STA  PORTC
06AE 81            RTS
06AF A87F          VERIF LDA  #$7F          ; Subrutina para verificación del despliegue
06B1 B706          STA  DDRC
06B3 A8A0          LDA  #$A0
06B5 B701          STA  PORTB
06B7 0E02FD        FLAG BRSET7,PORTC,FLAG
06BA A6FF          LDA  #$FF
06BC B706          STA  DDRC
06BE A885          LDA  #$85
06C0 B702          STA  PORTC
06C2 A880          LDA  #$80
06C4 B701          STA  PORTB
06C6 A8C0          LDA  #$C0
06C8 B701          STA  PORTB
06AC 81            RTS

```

La rutina presentada, hace uso de la tabla de ajuste Humano-Oreja; el manejo del resto de las tablas se realiza bajo la misma idea.

Tomando los valores correspondientes para cada una de las 9 tablas, se pueden enviar al LCD valores que oscilan entre los intervalos planteados de manera general en esta rutina, ya que las subrutinas de despliegue de intervalos son válidas para todos los valores que deseen presentarse en el LCD.

## Rutina de Retardo

Esta rutina está constituida por dos contadores anidados, esto es, el avance en el conteo del primero está controlado por la finalización del conteo en el segundo.

Dentro del programa se hace uso de esta rutina para mantener durante 0.15 seg la señal que activa al zumbador. En la figura 5.6.8 se muestra el diagrama de flujo correspondiente.

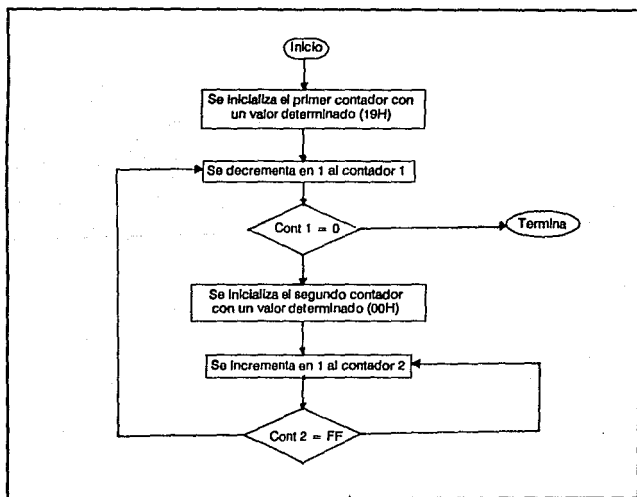


Fig 5.6.8 Diagrama de flujo para la rutina de retardo

Programa

0100	AE19	LDX # \$19	; Se inicia la cuenta del primer contador
0102	5A	COU1 DECX	
0103	BF70	STX DELAY1	
0105	A300	CPX # \$00	
0107	2603	BNE COU1	
0109	CC011D	JMP FIN	
010C	AE00	COU2 LDX # \$00	; Se inicia la cuenta del segundo contador
010E	5C	YOOO INCX	
010F	BF71	STX DELAY2	
0111	A3FF	CPX # \$FF	
0113	2703	BEQ RECA	
0115	CC010E	JMP YOOO	
0118	BE70	RECA LDX DELAY1	
011A	CC0102	JMP COU1	
		FIN RTS	



## 5.7 Pruebas y Resultados

Ya que el objetivo planteado para el desarrollo del presente trabajo ha sido el diseño de un detector de acupuntos, sin llegar a la etapa de realización de un prototipo, las pruebas y resultados obtenidos dentro del alcance del mismo, han consistido en la evaluación de las principales partes involucradas (interfases analógicas), en el desarrollo del software de control, autoprueba y adquisición de datos, y en la elaboración de tablas de valores de resistencia en distintas regiones y especies, que permitieron determinar los parámetros de diseño a utilizar en el mismo.

Para la evaluación de las interfases analógicas, éstas se probaron inicialmente con ayuda de un simulador de circuitos electrónicos y posteriormente se construyeron los circuitos correspondientes en tabletas de prueba y se verificó el funcionamiento de cada etapa en forma independiente.

Específicamente para la etapa de filtrado propuesta, la respuesta obtenida, se presenta en la figura 5.7.1, en la que se observa que la frecuencia suprimida es la correspondiente a 60 Hz, tal como se esperaba, y que se tiene una atenuación de 40 dB.

Por otra parte, las distintas rutinas de programación, fueron evaluadas, con ayuda de un programa emulador para el MCU68705R3, de manera que puede garantizarse que al trasladarlas al dispositivo físico se tendrá el funcionamiento deseado.

El electrodo de Ag-CIAg, fue sometido también a una prueba para determinar si afectaría la medición a realizar. Se aplicó en su entrada, una señal sinusoidal con amplitud de 1 volt y se realizó un barrido de frecuencias desde DC hasta 1 KHz, con incrementos

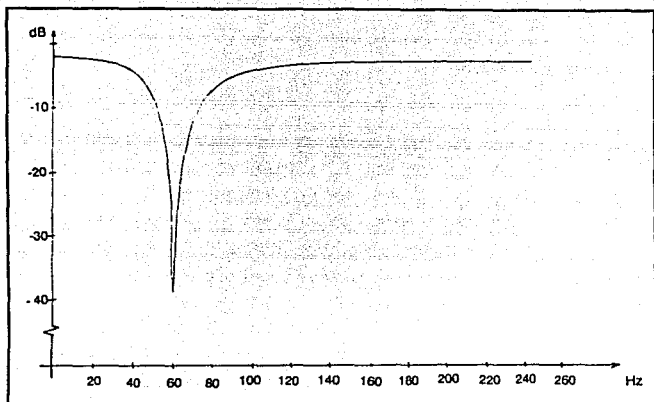


Fig 5.7.1 Respuesta del filtro supresor de banda de 60 Hz

de 100 Hz, y con ayuda de un osciloscopio, se compararon las señales de entrada y salida, observando que en todos los casos eran iguales tanto en amplitud como en fase.

La etapa de pruebas realizadas para obtener los valores de resistencia que se muestran en las tablas y determinar los umbrales para puntos activos, han requerido especial interés, ya que los datos asentados en la bibliografía consultada, ofrecen poca información para los fines planteados. Cabe destacar que el estudio aquí presentado, toma como referencia únicamente los valores registrados experimentalmente en oreja y cuerpo de humano, cuerpo de vaca, cuerpo de caballo y cuerpo de perro, ya que las limitaciones técnicas para la colocación de la referencia (como por ejemplo el hecho de no poder rasurar la zona en la que debería ubicarse ésta, la poca disposición de los animales a ser

sujetos de prueba, el no contar con el número suficiente de individuos) y la falta de experiencia en el manejo de los animales, impidieron tomar mayor número de registros. Aunado a ésto, se debe mencionar que el establecimiento experimental de valores de resistencia de acupuntos, es en sí mismo, tema de investigación que queda fuera del alcance de ésta propuesta, y de hecho, el desarrollo de este instrumento (inicialmente de la etapa correspondiente a la medición analógica de la resistencia) ayudará, a los profesionales de la acupuntura, al desarrollo de estadísticas que proporcionen valores medios de mayor confiabilidad.

El diseño que se propone, está pensado para aceptar la modificación de las tablas de valores, sin alterar notablemente la programación realizada en este trabajo.

A continuación se presentan los valores registrados para las especies mencionadas. Todos los datos manejados, se expresan en kilo-ohms.

Individuo	Shen Men	Adrenal	Ping Ch	Duodeno	Amígdalas	Depresión	Pelvis	Tobillo	Corazón	Promedio
H-41	90	80	90	95	100	90	98	110	87	93.33
H-65	120	90	110	110	98	90	120	100	90	103.1
H-29	90	95	90	100	110	98	90	95	90	95.33
H-30	90	90	85	80	90	89	90	90	87	87.44
H-2	90	87	90	90	85	90	90	90	90	89.11
M-26	80	95	90	90	90	85	87	90	85	88
M-26	70	80	85	80	80	70	70	80	70	75.11
M-27	160	125	100	95	100	90	160	110	90	114.4
M-27	100	90	110	95	87	90	90	90	110	85.78
Promedios	98.8	92.4	94.4	92.7	93.3	88	99.4	95	88.7	**

Registro de valores de resistencia en puntos Humano-Oreja

Individuo	Estpo 36	Ying Tang	VG14	Pal-hul	Colon 11	Prom
H-39	200	80	180	180	240	176
H-30	110	80	100	90	95	95
M-26	80	80	85	80	90	83
M-27	140	200	250	180	160	186
M-26	90	80	85	80	87	84.4
Promedio	124	104	140	122	134.4	**

Registro de valores de resistencia en puntos Humano-Cuerpo

Punto	Vaca 1	Vaca 2
21	80	100
36	90	110
40	100	95
*	100	85
57	90	90
21	90	95
Vejiga	95	90
VG1	100	90
35	115	90
58	100	100

38	110	80
98	90	110
Estómago	90	90
VG2	95	110
94	100	90
56	100	75
VG3	90	100
25	100	120
59	90	100
63	95	90
100	90	110
Promedio	95.71	96.67

Registro de valores de resistencia en puntos Vaca-Cuerpo

**Nota:** Para el registro de puntos Caballo-Cuerpo, solamente se pudo realizar la toma de datos en un ejemplar, en tanto que para los puntos Perro-Cuerpo se obtuvieron registros para 2 sujetos. Dado que las condiciones que se presentaron durante las mediciones no fueron óptimas, a continuación se presentan los valores medidos en cuerpo, sin asociarlos con su nombre conocido.

50	65	72	70	60
80	75	75	90	110
90	70	110	80	90
90	90	70	70	65
80	90	70	90	70

Promedio: 78.08

Registro de valores de resistencia en puntos Caballo-Cuerpo

Dobermann	90	100	300	500	300	300	P265
French P.	300	260	240	240	230	240	P251

Registro de valores de resistencia en puntos Perro-Cuerpo

Finalmente, las gráficas de las figuras 5.7.2, 5.7.3 y 5.7.4 presentan la función de salida del circuito de medición para los distintos valores de resistencia registrados en humanos (oreja), el ajuste elaborado para el establecimiento de los parámetros en el programa y una gráfica comparativa de ambas respuestas, en tanto que la tabla 5.7.1 contiene los valores resistivos considerados en el desarrollo de la subrutina de medición de puntos para la selección "humano-oreja".

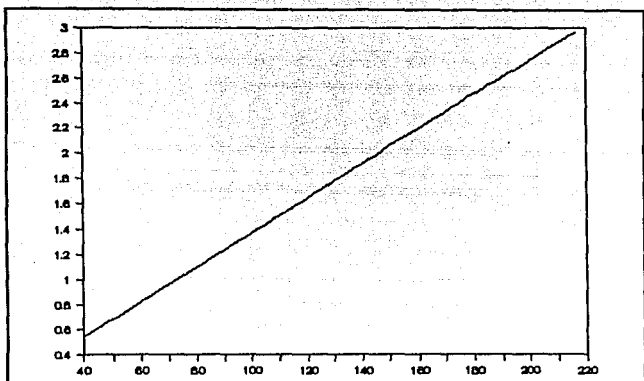


Fig 5.7.2 Gráfica de la función de salida del circuito de medición

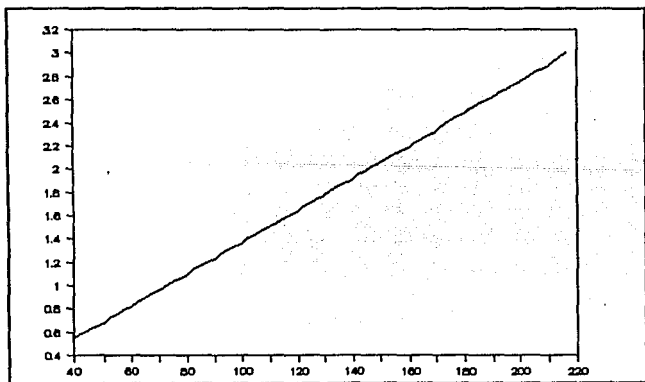


Fig 5.7.3 Gráfica de la función de ajuste utilizada en el programa

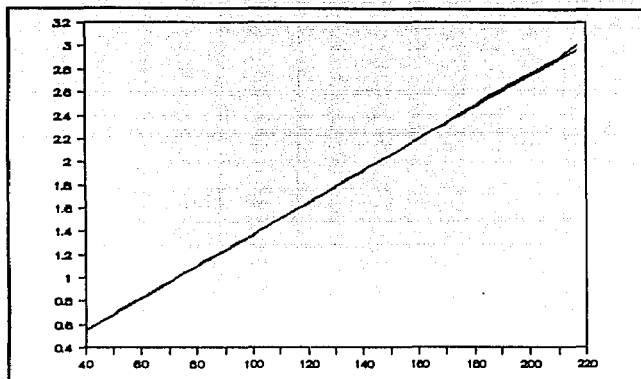


Fig 5.7.4 Gráficas de las funciones de salida y ajuste

Resistencia	Valor Real	Ajuste
40	0.5468	0.5489
42	0.5859	0.5763
45	0.625	0.6175
48	0.664	0.6587
50	0.6836	0.6861
52	0.7226	0.7135
55	0.7617	0.7547
58	0.8007	0.7959
60	0.8203	0.8233
62	0.8593	0.8508

Resistencia	Valor Real	Ajuste
65	0.8984	0.8919
68	0.9375	0.9331
70	0.957	0.9608
72	0.9961	0.988
75	1.035	1.0292
78	1.074	1.0703
80	1.0937	1.0978
82	1.1328	1.1252
85	1.1718	1.1664
88	1.2109	1.2076

Resistencia	Valor Real	Ajuste
90	1.2304	1.235
92	1.2695	1.2624
95	1.3086	1.3036
98	1.3476	1.3448
100	1.3671	1.3722
102	1.4062	1.3997
105	1.4453	1.4408
108	1.4843	1.482
110	1.5039	1.5094
112	1.5429	1.5369
115	1.582	1.5781
118	1.6211	1.6192
120	1.6406	1.6467
122	1.6796	1.6741
125	1.7187	1.7153
128	1.7578	1.7564
130	1.7773	1.7839
132	1.8164	1.8113
135	1.8554	1.8525
138	1.8945	1.8937
140	1.914	1.9211
142	1.9539	1.9486
145	1.9922	1.9897
148	2.0312	2.0309
150	2.0508	2.0583
152	2.0898	2.0858

Resistencia	Valor Real	Ajuste
155	2.1289	2.1269
158	2.1679	2.1681
160	2.1875	2.1956
162	2.2265	2.223
165	2.2656	2.2642
168	2.3047	2.3053
170	2.3242	2.3328
172	2.3633	2.3602
175	2.4218	2.4014
178	2.4609	2.4426
180	2.4804	2.47
182	2.5195	2.4974
185	2.5586	2.5386
188	2.5976	2.5798
190	2.6172	2.6072
192	2.6562	2.6347
195	2.6953	2.6758
198	2.7343	2.717
200	2.7539	2.7444
202	2.7929	2.7719
205	2.832	2.8131
208	2.8711	2.8542
210	2.8906	2.8817
212	2.9296	2.9091
214	2.9687	2.9366
216	3.0078	2.964

Tabla 5.7.1



## CONCLUSIONES

- \* El diseño propuesto es innovador dentro del campo de aplicación.
- \* Es un instrumento seguro y cumple con los estándares de diseño establecidos para su realización.
- \* Gracias a que se cuenta con paquetes de simulación se puede conseguir en menor tiempo y de manera más sencilla el desarrollo de sistemas complejos.
- \* Al introducir un MCU se cuenta con un medio de control que ofrece una mayor potencialidad en el manejo de variables.
- \* Se ha procurado abarcar el mayor número de variables en el desarrollo del proyecto, pero se tiene conocimiento que conforme se avance en la investigación pueden surgir otros parámetros y la propuesta tiene la capacidad para aceptar los posibles cambios.
- \* Los puntos de acupuntura efectivamente presentan menor resistencia a la conductividad eléctrica.
- \* Los electrodos de Ag-CIAg dieron buenos resultados al lograr abatir los valores de resistencia a intervalos fácilmente manejables.
- \* En la medición de resistencia, la referencia debe encontrarse lo más cercano posible al punto que se quiere medir, ya que de otra forma se "disparan" los valores.

\* Los resultados más exactos en el registro de resistencia, se logran limpiando perfectamente la superficie bajo prueba, pero con base en las experiencias vividas, se concluye que la característica de los acupuntos se puede percibir aún cuando las condiciones no sean las óptimas (presencia de pelo, grasa y polvo en la superficie de la piel).

\* No existe un instrumento como tal en el mercado, ni para investigación, y si bien sería suficiente con realizar la parte analógica de medición y un sistema de despliegue menos sofisticado que el propuesto, el hecho de poder automatizar, por ejemplo el ajuste de sensibilidad, lo convierte en un producto atractivo para el terapeuta o para el investigador.

\* Dadas las características de los componentes electrónicos involucrados en el diseño y tomando en cuenta el costo de instrumentos electrónicos utilizados en acupuntura (neurómetros y electroestimuladores, de manufactura extranjera), el costo para el acupuntoscopio, considerando las funciones que ofrece, resultaría competitivo.

\* La realización de éste tipo de instrumentos "occidentaliza" la visión actual de la acupuntura y permite la formalización de la misma bajo los estándares de occidente.

\* A pesar de que la acupuntura en humanos se utiliza con resultados positivos, existen todavía muchos parámetros por determinar en la relación acupunto-estado patológico, que podrán ser estudiados con mayor profundidad utilizando el acupuntoscopio. Por ejemplo, establecer si la gravedad de una enfermedad puede asociarse con el valor resistivo del acupunto.

\* Si se logra sistematizar la localización de puntos activos y se cuenta con aparatos como el propuesto, no se requiere ser experto en acupuntura para lograr resultados terapéuticos.

\* La acupuntura veterinaria ofrece las mismas ventajas terapéuticas que la acupuntura en humanos, pero aún se encuentra sin explotar a su máxima capacidad y en parte se debe a la falta de promoción y apoyo técnico.

\* Por la experiencia vivida durante la obtención de las muestras, concluimos que si bien la auriculoterapia veterinaria tiene grandes potencialidades, es una técnica difícil de aplicar porque los animales son altamente sensibles a la manipulación de sus orejas.

\* Durante la toma de registros y al entrar en contacto con el campo de aplicación del instrumento, se despertó un gran interés dentro de la comunidad veterinaria, recibiendo incluso peticiones, por parte del Centro de Enseñanza Práctica e Investigación y Extensión en Rumiantes, CEPIER, y el Departamento de Clínica Equina de la FMVZ de la UNAM, para aplicar de manera inmediata el dispositivo en investigación de enfermedades tanto en caballos como en vacas, lo cual resulta motivante para continuar el trabajo iniciado en esta tesis, hasta obtener un producto terminado, o por lo menos un prototipo totalmente aplicable en investigación.



## GLOSARIO

**Ácidos nucleicos.** Sustancias poliméricas de alto peso molecular formadas por nucleótidos. Constituyen los grupos ácidos de las nucleoproteínas y contienen ácido fosfórico, azúcares y bases de purina y pirimidina.

**Acupuntura.** Disciplina terapéutica basada en la punción de sitios específicos en la superficie del cuerpo.

**Acupunto.** Sitio específico localizado sobre la superficie del cuerpo, (tanto en humanos como en animales) de aproximadamente  $1\text{mm}^2$  de superficie caracterizado por presentar una baja resistencia al paso de la corriente eléctrica. Se emplea en la acupuntura.

**Acuacupuntura.** Rama de la acupuntura que consiste en la inyección de agua en ciertos acupuntos con fines curativos.

**ADN.** Ácido desoxirribonucleico, ácido nucleico originalmente aislado del espermatozoide y el timo de peces, pero que después se encontró en todas las células vivas. Es el portador de información genética para todos los organismos excepto los virus.

**Adrenalina.** Hormona secretada por la médula suprarrenal como reacción a estímulos espláncnicos y se almacena en los gránulos cromafines; es liberada también como respuesta a la hipoglucemia. Es un potente estimulador del sistema nervioso parasimpático y potente vasopresor, que aumenta la presión arterial, estimula el músculo cardíaco, apresura la frecuencia del corazón y aumenta el gasto.

**Ameiélínico.** Sin mielina; sin vaina o cubierta medular. Dícese de una fibra nerviosa tipo C.

**Amigdalitis.** También llamada tonsilitis, es la inflamación de las amígdalas.

**AMP cíclico.** Adenosín 3':5'- fosfato cíclico.

**Analgesia.** Pérdida de la sensibilidad al dolor con conservación de la sensibilidad táctil.

**Analgésico.** Droga que alivia el dolor sin provocar pérdida de la conciencia.

**Anastomosis.** Comunicación entre dos vasos por conductos colaterales. Abertura creada por medios quirúrgicos, traumáticos o patológicos entre dos espacios u órganos normalmente separados.

**Anión.** Ión que lleva una carga negativa por haber ganado uno o más electrones.

**Antehélix.** Eminencia del pabellón de la oreja que llena el espacio que separa al hélix de la fosa auricular.

**Antitragus.** Comúnmente conocido como antitrago, es una prolongación localizada frente al tragus que limita la cavidad del pabellón auricular en sentido posteroinferior y se continúa hacia arriba con el antehélix.

**Apendicitis.** Inflamación aguda o crónica del apéndice cecal con reacción peritoneal más o menos intensa.

**Area papilar.** Región o superficie funcional constituida por papilas.

**Area reticular.** Región o superficie funcional constituida por tejido reticular.

**ARN.** Ácido ribonucleico; ácido nucleico presente en todas las células vivas.

**Artrosis crónica.** Afección crónica de las articulaciones; de naturaleza degenerativa no inflamatoria.

**Barbitúrico.** Dícese de un radical químico, base de numerosos hipnóticos y sedantes del sistema nervioso.

**Basófilo.** Estructura, célula u otro elemento histológico que se tiñe fácilmente con colorantes básicos. Leucocito granuloso con núcleo de forma irregular y relativamente poco teñido con constricción parcial en dos lóbulos, y con citoplasma que posee gránulos toscos de color azul negro y dimensiones variables.

**Braquidiquina.** También denominada bradicinina; cinina compuesta de una cadena de nueve aminoácidos. Es un vasodilatador muy potente que aumenta la permeabilidad capilar, produce también constricción del músculo liso y estimula los receptores del dolor.

**Bronconeumonía.** Inflamación de los bronquios y los pulmones. Infección grave del tejido pulmonar generalmente secundaria a procesos infecciosos diversos y que es particularmente frecuente en las épocas "extremas" de la vida: niñez y vejez.

**Bulbo raquídeo.** Estructura abultada localizada en la parte superior de la médula espinal.

**Cálculo biliar.** Concreción sólida, compuesta principalmente de sales minerales, que se encuentra o se forma en la vesícula biliar o en los conductos biliares.

**Canal del hélix.** Acanaladura en la parte más externa del pabellón de la oreja.

**Capa parabasal.** Es la capa de células ubicada más profundamente al estrato basal o de Malpigio.

**Caquexia.** Estado profundo e intenso de un trastorno constitucional; mala salud en general y malnutrición.

**Carpal.** Perteneciente o relativo a la articulación localizada entre el brazo y la mano en el hombre, y en animales designa la articulación correspondiente.

**Catgut.** Material de sutura quirúrgica reabsorbible, preparado a partir del intestino de carnero. Se presenta en forma de cordón o hilo esterilizado impregnado de varias sustancias, tales como sales de cromo y yodo para asepticarlo y darle mayor flexibilidad y consistencia.

**Cation.** Ión que tiene carga positiva a causa de la pérdida de uno o más electrones.

**Cefalea.** También llamada cefalalgia, es el dolor interno, global de la cabeza.

**Célula Internuncial.** La que constituye la segunda porción de un arco reflejo periférico. Está situada dentro del sistema nervioso central; recibe impulsos nerviosos desde la neurona sensitiva periférica y los transmite a la neurona motora periférica.

**Clática.** Dícese de un nervio que se origina en la médula espinal y de sus ramificaciones. Dolor en el trayecto del nervio clático generalmente por inflamación de éste.

**Colágena.** La sustancia proteínica de las fibras blancas de piel, tendones, huesos, cartílagos y todo el tejido conectivo. Está compuesta por moléculas de tropocolágena que por ebullición se convierten en gelatina.

**Colinérgico.** Que es estimulado, activado o transmitido por la colina (acetilcolina); nombre aplicado a las fibras nerviosas que liberan acetilcolina en la sinapsis cuando pasa por ellas un impulso nervioso. Agente que produce estos efectos.

**Conjuntivitis.** Inflamación de la conjuntiva.

**Corium.** También llamado dermis, es una capa de la piel subyacente a la epidermis. Consta de un lecho compacto de tejido conectivo vascular.

**Corpúsculos de Bonghan.** Estructuras teóricas relacionadas con la conducción de corrientes galvánicas en la piel.

**Corriente iónica.** Flujo de iones

**Cuerpo calloso.** Masa de sustancia blanca en forma de arco que se presenta en el fondo de la cisura longitudinal del cerebro. Está formada por fibras transversales que conectan los dos hemisferios.

**Dermatoma.** Crecimiento anormal o atípico del tejido cutáneo.

**Dermatoma hiperestésico.** Dermatoma que se caracteriza por un aumento en la sensibilidad a la estimulación.

**Disfunciones gastrointestinales.** Alteraciones en el funcionamiento normal del estómago y los intestinos.

**Dermis.** También llamada corión o piel verdadera; capa de la piel subyacente a la epidermis que consta de un lecho compacto de tejido conectivo vascular.

**Dopamina.** Monoamina formada en el cuerpo por descarboxilación de la dopa; es producto intermedio en la síntesis de noradrenalina y actúa como neurotransmisor en el sistema nervioso central.

**Dolor rápido.** Estímulo sensorial conducido por fibras tipo A (fibras mielínicas) a una



velocidad de 80 a 120 m/s.

**Dolor lento.** Estímulo sensorial conducido por fibras tipo C (fibras amielínicas) a una velocidad de 4 a 8 m/s.

**Dorsal.** Perteneciente o relativo a la espalda o al dorso. Dícese de una posición más hacia la superficie posterior que hacia algún otro objeto de referencia. En anatomía equivale a posterior.

**Eczema.** Se denomina también eccema; afección inflamatoria, aguda o crónica de la piel originada por diversas causas, que ofrece una gran variedad de lesiones entre las cuales las más comunes son: eritema, edema, vesícula, exudación, costras, liquenificación y escamas. Frecuentemente existen fenómenos generales: malestar, fiebre y las manifestaciones locales de ardor y comezón.

**Edema.** Presencia de volumen excesivamente grande de líquido en los espacios intercelulares del cuerpo; suele aplicarse a la acumulación demostrable de líquido excesivo en el tejido subcutáneo.

**Eje hipotalámico-hipofisario-adrenal.** Estructura neuroendócrina de control de funciones de la corteza adrenal.

**Electrocardiograma.** Trazado gráfico de las corrientes eléctricas producidas por la acción del músculo cardíaco, y que se descubren en la superficie corporal.

**Electrolito.** Sustancia que se disocia en iones cuando se fusiona o está en solución, y de esta manera adquiere la facultad de favorecer la conducción de corriente eléctrica.

**Endémico.** Con carácter de endemia. Dícese de la enfermedad generalmente infecciosa que reina constantemente en épocas fijas en ciertas regiones o países por influencia de alguna causa local especial.

**Endocrino.** Designación de los órganos o glándulas de secreción interna o relativo a ellos. Relativo a las glándulas de secreción interna que vierten su secreción en el torrente sanguíneo.

**Endorfinas.** Grupo de sustancias cerebrales endógenas (polipéptidos) que se enlazan a receptores de opiáceos en diversas zonas del cerebro y de esta manera aumentan el

umbral al dolor. Se presentan en varias formas que incluyen la "alfa-endorfina", la "beta-endorfina" y la "gama-endorfina". La betaendorfina es la más potente.

**Endometritis.** Inflamación de la mucosa uterina o endometrio.

**Endosomático.** Referente a estructuras internas de los organismos.

**Energía vital.** De acuerdo con la medicina tradicional china, es la capacidad individual para responder a las enfermedades y determinante biológica de la esperanza de vida en un individuo. Habitualmente se considera que la energía vital se aloja en el riñón y en su meridiano correspondiente.

**Enfermedad de Buerger.** También llamada tromboangitis obliterante. Enfermedad inflamatoria y obstructiva de los vasos sanguíneos (arterias y venas) de las extremidades, más frecuentemente de las inferiores.

**Enzima.** Proteína producida en una célula, que por su acción catalítica puede apresurar la reacción química de una sustancia (sustrato) para la cual suele ser específica. Las enzimas desempeñan esta función sin ser destruidas ni modificadas.

**Epidémico.** Relativo o con carácter de epidemia. Dícese de la enfermedad accidental transitoria, generalmente infecciosa que ataca al mismo tiempo y en el mismo país o región a un gran número de personas.

**Epidermis.** Capa más externa vascular de la piel.

**Epilepsia.** Desorden del sistema nervioso central caracterizado por descargas nerviosas recurrentes y explosivas de las neuronas del cerebro. Se evidencia clínicamente por repentinas pérdidas de conciencia o disfunciones psíquicas frecuentemente acompañadas de movimientos compulsivos.

**Epileptoide.** Semejante a la epilepsia o a sus manifestaciones.

**Epitelio.** Revestimiento de las superficies internas y externas del cuerpo que incluye el revestimiento de vasos y otras pequeñas cavidades. Consiste en células unidas por pequeñas cantidades de sustancia de cemento.

**Equilibrio iónico.** Balance adecuado sodio, potasio, cloro y bicarbonato, principalmente,

en los organismos vivos.

**Espasmos gastrointestinales.** Contracciones involuntarias energicas del estómago y los intestinos.

**Espectrofotométrico.** Relacionado con la utilización del espectrofotómetro. Dícese del análisis de la cantidad de color en una solución fundamentándose en la cantidad de luz absorbida (según se indica por el espectro) al pasar a través de la solución.

**Estrato granuloso.** Capa de la piel de donde parten las células que forman la empalizada córnea.

**Estrato lúcido.** Capa de la piel que se caracteriza por tener poca afinidad por los colorantes.

**Estrato superficial córneo.** Estructura de la piel formada por múltiples capas de células aplanadas que se hallan en contacto directo con el medio.

**Estructura citoplasmática.** Protoplasma de una célula con exclusión del plasma nuclear; consiste en una solución acuosa continua (citosa) y en los organitos e inclusiones que se hallan en suspensión. Es el sitio donde se lleva a cabo la mayor parte de las actividades químicas de la célula.

**Estructura nuclear.** Cuerpo esferoide situado dentro de una célula y constituido por diferentes organitos característicos.

**Exosomático.** Referente a lo externo o ajeno al organismo.

**Excreción renal.** Sustancia eliminada por los riñones.

**Extrauterino.** Situado o que ocurre fuera del útero.

**Fagocitosis.** Ingestión de microorganismos, otras células y partículas extrañas por los fagocitos.

**Falange.** Término con el que se designa cualquier hueso de las manos o de los pies.

**Fenotípico.** Perteneciente o relativo al fenotipo, que es el conjunto de caracteres aparentes o exteriores de un individuo o de un grupo. El fenotipo no constituye índice alguno de constitución genética.

**Fibras argentófilas.** Fibras nerviosas que tienen afinidad por la plata.

**Fibras C.** Fibras nerviosas delgadas que se caracterizan por no presentar recubrimiento de mielina.

**Fibras grandes.** También conocidas como fibras A, son fibras mielínicas del sistema nervioso somático que tienen diámetro de 1 a 22 micras y velocidad de conducción de 5 a 120 m/s.

**Fibrilación.** Contracción local involuntaria y pequeña de un músculo, invisible debajo de la piel, que resulta de activación espontánea de células musculares o fibras musculares aisladas.

**Fisiológico.** Normal; no patológico; característico del normal funcionamiento o estado corporal o de un tejido u órgano. Perteneciente o relativo a la fisiología, que estudia los fenómenos funcionales de los organismos vivos o de sus partes y trata de establecer las leyes que los rigen.

**Formación reticular media.** Porción primitiva del tallo cerebral, encargada de inhibir o iterar estímulos.

**Fotografía Kirlian.** Técnica fotográfica que utiliza radiación de alta frecuencia.

**GABA.** Mediador inhibitorio neuronal.

**Gastroenteritis.** Inflamación del estómago y los intestinos.

**Gel.** Coloide de firme consistencia. Nombre dado a las pastas conductoras utilizadas para aumentar la conductividad eléctrica a nivel de la piel.

**GMP.** Guanosinmonofosfato, es un nucleótido importante en el metabolismo y para la formación de ARN en las plantillas de ADN.

**Glándula sebácea.** Agragación de células especializadas de la piel, que secretan una

sustancia aceitosa, el sebo; están situadas en el corium o corión.

**Glandular.** Perteneciente o relativo a una glándula o de su naturaleza.

**Haz espinotalámico.** Conjunto de fibras que conectan a la médula espinal con el sistema límbico a nivel del tálamo y a través de las cuales se lleva a cabo la conducción de estímulos sensoriales nosisceptivos y no nosisceptivos.

**Hemoacupuntura.** Rama de la acupuntura que consiste en sangrar puntos específicos del cuerpo con fines curativos.

**Herbario.** Nombre con el que se designa a uno de los estómagos de los rumiantes.

**Herbolaria.** Disciplina terapéutica que basa la curación de las enfermedades en la administración de plantas y sus extractos.

**Herpes zoster.** Enfermedad inflamatoria aguda, unilateral, y que se cura espontáneamente, de los ganglios cerebrales, raíces nerviosas posteriores y nervios periféricos causada por el virus de la varicela.

**Hialino.** Vítreo, transparente.

**Hiperemia.** Exceso de sangre en una parte específica del cuerpo.

**Hipodermis.** Tejido celular subcutáneo.

**Hipotálamo.** Porción del diencefalo que forma el suelo y parte de la pared lateral del tercer ventrículo.

**Histamina.** Producto de descarboxilación de la histidina que se presenta en todos los tejidos corporales, particularmente en las células cabadas o los basófilos. Tiene varias funciones, entre ellas : dilatación de los capilares, contracción de la mayor parte de los tejidos de músculo liso, aumento de la secreción gástrica y aumento de la frecuencia cardíaca.

**Histológico.** Perteneciente o relativo a la estructura microscópica, la composición y la función de los tejidos

**Histoquímico.** Perteneciente o relativo a los componentes o actividades químicas en las células y los tejidos.

**Homeostasia.** Tendencia a la uniformidad o estabilidad del equilibrio fisicoquímico del medio interno del organismo. Se logra por un sistema de mecanismos de control activados por retroalimentación negativa.

**Homocinesia.** También denominado homeocinesia; vocablo derivado de la palabra homeostasia referido a los mecanismos de armonía del organismo con los medios interno y externo.

**Homúnculo.** Enano en el que no existe deformidad o desproporción de partes. El feto humano. Nombre dado por los magos o alquimistas medievales a un ser incorpóreo, sin peso ni sexo, y que Paracelso pretendía haber constituido químicamente.

**Humor.** Término utilizado en nomenclatura anatómica para designar algunas sustancias líquidas o semilíquidas del cuerpo.

**Ictericia.** Coloración amarillenta de la piel, mucosas y secreciones debida a la presencia de pigmentos biliares en la sangre y tejidos.

**Induración.** Proceso de endurecimiento.

**Intercostal.** Situado o comprendido entre las costillas.

**Ión metálico.** Átomo o radical de un metal que tiene una carga positiva o negativa.

**Ipsilateral.** Ipsolateral, situado en el mismo lado, relativo a éste o que lo afecta.

**Leucocito.** Célula o corpúsculo blanco de la sangre.

**Leucocitosis.** Incremento transitorio del número de leucocitos en la sangre.

**Líquido cefalorraquídeo.** Líquido contenido dentro de los cuatro ventrículos del cerebro, el espacio subaracnoideo y el conducto del epéndimo de la médula espinal. Está formado por el plexo coroideo y el parénquima cerebral; Circula por los ventrículos al espacio aracnoideo y es absorbido hacia el sistema venoso.

**Lóbulo.** Porción carnosa inferior del pabellón de la oreja.

**Mastitis.** Nombre genérico de todas las afecciones inflamatorias de las glándulas mamarias.

**Meato auditivo.** También llamado meato acústico, es el paso del oído externo que conduce hacia la membrana timpánica.

**Mediador.** Estructura del sistema nervioso que transmite impulsos que desencadenan una reacción específica. Sustancia química transmisora que induce actividad en tejido excitable.

**Membrana basal.** Estrato de la piel poseedora de células germinales donde se origina ésta.

**Meridiano.** Línea de dirección del flujo de la energía vital (Qi) según la medicina tradicional china.

**Microscopio fluorescente.** Aquel empleado para examinar muestras teñidas con fluorocromos o complejos de fluorocromo.

**Mielínico.** Perteneciente o relativo a la mielina o de su naturaleza. Dícese de aquella estructura cubierta por células de Schwann.

**Miocardio.** Término de la nomenclatura anatómica usado para designar a la capa media y más gruesa de la pared torácica, compuesta por músculos cardíacos.

**Moxa.** Pequeño cono o cilindro preparado con hojas secas de Artemisia vulgaris.

**Moxibustión.** Procedimiento terapéutico que consiste en la colocación, y posterior combustión de pequeños conos de moxa, sobre la piel justamente donde se localizan acupuntos.

**Muesca Intertrágica.** Cisura que media entre el tragus y el antitragus.

**Músculo liso.** Variedad de tejido muscular presente en vísceras y arterias, excepto el corazón, que no presenta estrías.

**Neuralgia del trigémino.** Dolor sumamente intenso, en crisis, percibido en la región inervada por el nervio trigémino.

**Neuroendocrino.** Sistema encargado de interrelacionar al sistema nervioso con el endocrino.

**Neurotalámico.** Que conduce estímulos al tálamo a través de los nervios.

**Neurótico.** Perteneciente o relativo a la neurosis o afectado por ella. Perteneciente o relativo a los nervios. Dícese también de la persona nerviosa en la que dominan las emociones sobre la razón.

**Núcleo centrolateral.** Porción de materia gris en el cerebro encargada de algunas funciones homeostásicas.

**Núcleo paraventricular.** Porción de materia gris en el cerebro localizada a los lados del tercer ventrículo. Es un componente importante del sistema neuroendócrino.

**Octograma.** Relación geométrica entre los cinco elementos básicos (agua, tierra, metal, madera y fuego) derivada de la interpretación de la medicina tradicional china.

**Ondas delta.** Ondas cerebrales registradas por el electroencefalógrafo que tienen una frecuencia menor de 3.3 Hz. Son típicas del sueño profundo durante la lactancia y de los trastornos cerebrales graves.

**Ondas theta.** Ondas cerebrales cuya frecuencia es de 4 a 7 HZ. Se producen principalmente en niños o también en adultos durante períodos de tensión emocional.

**Otitis.** Inflamación aguda o crónica del oído.

**Pabellón auricular.** Parte del oído proyectada hacia el exterior. Está constituida por una lámina fibrocartilaginosa cubierta de piel, situada a ambos lados de la cabeza. Forma, junto con el meato auditivo, el oído externo.

**Papila.** Proyección o elevación pequeña en forma de pezón.

**Parkinsonismo.** Grupo de trastornos neurológicos que se caracterizan por la movilidad patológicamente disminuida, temblor y rigidez muscular.



**Parafascicular.** Localizado fuera del trayecto de un fascículo nervioso o muscular.

**Parotiditis.** Enfermedad contagiosa por paramixovirus que ocurre principalmente en niños y confiere como resultado inmunidad persistente. Se adquiere por aspiración y la inoculación más densa de virus se produce en las glándulas salivales, parótidas, preferentemente sobre las submaxilares o sublinguales. Se conoce comúnmente con el nombre de paperas.

**Patológico.** Que indica un estado mórbido (de enfermedad) o es causado por él.

**Péptidos cerebrales.** Nombre con el que se designan a las endorfinas y las encefalinas.

**Perineal.** Perteneciente o relativo al perineo. Dícese de la región localizada entre los muslos, limitada en el varón por el escroto y el ano y en la mujer por la vulva y el ano.

**Peristaltismo.** Movimiento vermiforme por el cual el tubo digestivo u otros órganos tubulares provistos de fibras musculares tanto longitudinales como circulares impulsa su contenido

**Permeabilidad de los vasos.** Característica de los vasos capilares de ser atravesados por una sustancia.

**Presináptico.** Presináptico. Que está situado delante de una sinapsis o que ocurre antes de llegar a ella.

**Pinna.** Nombre con el que se designa a la oreja de los animales.

**Plexo venoso.** Redecilla o maraña de venas.

**Potencial bioeléctrico.** Potencial eléctrico generado en organismos vivos cuyo origen se deriva de eventos fisiológicos.

**Potenciales iónicos.** Diferencial en la concentración de iones en uno y otro lado de una barrera biológica.

**Psicofisiología.** Ciencia que estudia las relaciones entre los procesos orgánicos y los psicológicos.

**Procaína.** Sustancia sintética químicamente relacionada con la cocaína. Se emplea clorhidrato, que se presenta en cristales blancos inodoros, solubles en agua y de sabor amargo, que producen adormecimiento de la lengua. Es tan buen anestésico como la cocaína y de 5 a 7 veces menos tóxica que ella. Se emplea como anestésico de la mucosa gástrica y en forma de tópico en la anestesia de laringe, faringe y en oftalmología.

**Prostaglandina.** Nombre de un grupo de hidroxiacidos grasos naturales de cadena larga y químicamente relacionados, que estimulan la contractilidad del músculo uterino y el músculo liso de otros tipos. Tiene capacidad para disminuir la presión arterial, regular la temperatura corporal, regular la secreción del ácido del estómago y controlar la inflamación y la permeabilidad vascular.

**Proteinoterapia.** Tratamiento de enfermedades a base de proteínas.

**Pruritos.** Sensación que incita u obliga a rascarse. Comezón, picazón.

**Químio-puntura.** Técnica terapéutica que consiste en la aplicación de sustancias químicas en los puntos de acupuntura.

**Receptor opiáceo.** Molécula específica ubicada sobre la superficie de la célula, o dentro del citoplasma de ésta que reconoce y fija aquellas sustancias que contienen opio o que se derivan del mismo.

**Red capilar.** Redecilla de vasos diminutos que conectan las arteriolas y las vénulas.

**Reflejo autónomico.** Respuesta automática de orden visceral mediada por los sistemas simpático y parasimpático.

**Reflejo somático autónomico.** Respuesta automática muscular influida por el sistema nervioso autónomo.

**Región sacrolumbar.** Aquella localizada a la altura de las vértebras lumbares y el hueso sacro.

**Respuesta inmunológica.** Reacción del organismo a la carga antigénica; reconocimiento de lo propio y de lo extraño.

**Retículoendotelial.** Sistema orgánico encargado de las defensas del organismo.

**Resistencia basal de la piel.** Valor resistivo nominal de la piel.

**Respuesta conductiva de la piel.** Ver respuesta resistiva.

**Respuesta resistiva de la piel.** Alteración de la resistencia eléctrica de la piel, acompañada de una descarga nerviosa simpática.

**Sangría.** Extracción de sangre realizada en puntos específicos del cuerpo, tanto en humanos como en animales.

**Secreción.** Proceso de elaboración de un producto específico como resultado de la actividad de una glándula. Puede ser interna o externa según si el producto de secreción sea vertido por la glándula hacia el torrente circulatorio o en la superficie externa o en una cavidad del cuerpo.

**Serotonina.** Vasoconstrictor que se encuentra en diversos animales, desde celenterados hasta vertebrados, en las bacterias y en muchas plantas. Tiene muchas propiedades fisiológicas: inhibe la secreción gástrica, estimula el músculo liso, sirve como neurotransmisor central y es un precursor de la melatonina.

**Sinusitis.** Inflamación de la mucosa de un seno, especialmente de los senos nasales accesorios.

**Solución de Ringer.** Solución salina normal, compuesta de cloruro de sodio, cloruro de potasio, cloruro de calcio, bicarbonato de sosa, fosfato monosódico, dextrosa y agua empleada en todas las formas de deshidratación, acidosis o alcalosis y para mejorar la actividad renal.

**Somatotópico.** Perteneciente o relativo a regiones particulares del cuerpo.

**Suprarrenal.** Situado encima del riñón. Relacionado con la glándula suprarrenal.

**Sistema Kyungrak.** Propuesta teórica que explica fisiológicamente la existencia de los meridianos.

**Sistema nervioso autónomo.** Parte del sistema nervioso relacionada con la regulación de la actividad del músculo cardíaco, el músculo liso y las glándulas.

**Sistema nervioso central** . Parte del sistema nervioso constituida por el cerebro y la médula espinal.

**Sistema nervioso somático**. División del sistema nervioso con funciones sensoriales y de movimiento.

**Sustancias de liberación lenta de la anafilaxia**. Aquellas liberadas durante la reacción alérgica poco corriente o excesiva de un organismo a proteínas extrañas u otras sustancias. La reacción resulta de la liberación de histamina, serotonina y otras sustancias vasoactivas cuando el antígeno se combina con el anticuerpo en la superficie celular.

**Sistema vascular**. Vasos del cuerpo en especial los sanguíneos.

**Sistema linfático**. Vasos linfáticos y tejido linfoide considerados colectivamente.

**Tarsal**. Perteneciente o relativo al tarso palpebral o al empeine.

**Terapéutico**. Perteneciente o relativo a la parte de la medicina que enseña los preceptos y remedios para el tratamiento de las enfermedades. Curativo.

**Tragus**. Trago. Eminencia cartilaginosa que está situada delante del meato auditivo externo.

**Traumatismo craneano**. Toda lesión relativa al cráneo debida a la acción de un agente exterior y las reacciones locales y generales que son su consecuencia.

**Trementina**. Oleorresina semilíquida que se extrae o fluye naturalmente de diferentes coníferas (especialmente del género "pinus"). Se administra generalmente para combatir ciertos dolores reumáticos y afecciones bronquiales por su acción rubefaciente y contraírritante.

**Tisuloterapia**. Método curativo mediante la aplicación de tejidos y sus extractos.

**Tegumento**. Término general de la nomenclatura anatómica para indicar una cubierta o revestimiento.

**Tejido conjuntivo**. Tejido que enlaza y es el sostén de las diversas estructuras del cuerpo.

**Tejido adiposo.** Tejido conjuntivo constituido por células grasas en una redicilla de tejido aereolar.

**Umbral de dolor.** Barrera hipotética que deben sobrepasar los estímulos dolorosos para entrar en la mente.

**Uretra.** Conducto membranoso que conduce la orina desde la vejiga hasta el exterior del cuerpo.

**Ventosa.** Campana o vaso de vidrio en el que se enrarece el aire al aplicarlo sobre los tegumentos para obtener un efecto de succión.

**Vasodilatación capilar.** Dilatación de un capilar que culmina en un aumento de flujo sanguíneo hacia una parte.

**Vascular.** Perteneciente o relativo a los vasos sanguíneos. También suele indicar un copioso riego sanguíneo.

**Ventral.** Perteneciente o relativo al vientre. En anatomía equivale a anterior.

**Xilocaína.** Anestésico local del grupo amina.

**Zoofarmacología.** Ciencia que estudia los fármacos y agentes químicos que afectan en cualquier sentido deseable o indeseable los procesos fisiológicos de los animales.



## BIBLIOGRAFIA

**BANK**

Histología Veterinaria  
Limusa, 1989.

**BRAIER, L.**

Diccionario Enciclopédico de Medicina  
4a. edición, 1980  
Editorial IMS.

**CARDENAL, L.**

Diccionario Terminológico de Ciencias Médicas  
8a. edición, 1958  
Salvat editores.

**CROMWELL, Leslie**

Biomedical Instrumentation and Measurements  
John Wiley and Sons, 1978.

**DORLAND**

Diccionario Médico de Bolsillo  
23a. edición, 1989  
Interamericana McGraw-Hill.

**GARCIA PELAYO, Ramón**

Diccionario Pequeño Larousse Ilustrado  
Ediciones Larousse

**GEDDES, L.A.**

Principles of Applied Biomedical Instrumentation  
John Wiley and Sons, 1975.

**JHONSON, J.R., MOORE, H.P.**

A Handbook of Active Filters  
Prentice Hall.

**LEY, Hurtado Guillermo**

Acupuntura  
Diana, 1983.

**LIEN CHIH, Chao Paul**  
Puntos de Comando para la Práctica de la Acupuntura.  
Edit. Médica Panamericana, 1976.

**NETTER, H. Frank**  
Colección CIBA de Ilustraciones Médicas  
Salvat, 1988.

**NOGUIER, Paul F.**  
Treatise of Auriculotherapy  
N. Maisson, 1977.

**OTT, Henry W.**  
Noise reductions Techniques in Electronic Systems  
1976.

**STANLEY, Harry E.**  
Biomedical Physics and Biomaterials  
McGraw-Hill.

**STOOT, F. David, KAUFMAN, Milton**  
Handbook of Operational Amplifier, Circuit design  
McGraw-Hill, 1976.

**STUART, A. Hoening, SCOTT, H. Daphne**  
Aparatos Médicos Eléctricos  
Limusa, 1981.

**SUMANO, López H.**  
Acupuntura Veterinaria  
Interamericana McGraw-Hill, 1990.

**THOMAS, Stephen Chang**  
The Complete Book of Acupuncture  
Celestial Arts, 1976.

**WEBSTER, G. John**  
Encyclopedia of Medical Devices and Instrumentation  
John Wiley and Sons, 1988.

**WU, Wei Ping**  
Acupuntura China  
Editorial Orión México, 1966.



**WEBSTER, John**  
Medical Instrumentation: application and design  
John Wiley.

**Autores varios**  
Electrónica Práctica, Tomo 2  
McGraw-Hill, 1976.

**Autores varios**  
Interconexión de Periféricos con Micros  
Serie: Mundo electrónico  
Marcombo Boixareu Editores.

**ALTMAN, Sheldon**  
Acupuncture: a Modern Look at an Ancient Art  
California Veterinarian, December 1977, pp 6-9.

**BOSSY, J., MAUREL, J. Cl.**  
Innervation and Vascularization of the Auricula correlated  
with the Local Auriculotherapy  
Acupuncture and Electro-Therapeut Res. Int. J.  
Vol.4, pp 247-257.

**FRADEN, Jacob**  
Active Acupuncture Point Impedance And Potential Measurements  
American Journal of Acupuncture  
Vol.7, No.2, April-June 1979.

**JOECHLE, Wolfgang**  
Veterinary Acupuncture In Europe and America: Past and Present  
American Journal of Acupuncture  
Vol.6, No.2, April-June 1978.

**KENYON, M. Julian**  
Bioelectric Potenciales and their Relation to Acupuncture  
Acupuncture and Electro-Therapeut Res. Int. Pergamon Press Ltd.  
Vol.4, pp 37-41, 1979.

**KOTHBAUER, Oswald**  
A Study of Ear Acupuncture In cattle.  
Wiener Tierarztlische Monatsschrift, pp 177-180.

LASSOIE, L.  
L'Acupuncture  
Ann. Méd. Vet., 1981, pp 125-126

MILJN, J.  
L'Acupuncture en Médecine Vétérinaire  
Rec. Mod. Vét., 1977, pp 363-367.

NISTERUK, J. Chester  
Fundamental Electrical Concepts in Electro-Acupuncture  
and Therapeutics  
Acupuncture and Electro-Therapout Res. Int. J.  
Vol.3, pp 253-263.

OLESON, D. Terrence, KROENING, J. Richard  
A comparison of chinese and Nogier auricular Acupuncture Points  
American Journal of Acupuncture  
Vol.11, No.3, July-September 1983.

OLESON, D. Terrence, KROENING, J. Richard  
A new nomenclature for Identifying Chinese and Nogier  
Auricular Acupuncture Points.  
American Journal of Acupuncture  
Vol.11, No.4, October-December 1983, pp 325-343.

PEREZ, J.P., RODRIGUEZ, A.  
Acupuntura auricular en la analgesia de las  
extremidades posteriores del ternero  
Revista cubana de Ciencias Veterinarias, 14,(3): 1983, pp 201-208.

STILL, Jan, KONRAD, Jaroslav  
Diagnostic Ear Acupuncture in the Dog: the Relationship  
Between Active Points and Internal Diseases  
American Journal of Acupuncture  
Vol. 15, No. 1, pp53-60, January-March 1987.

STILL, Jan  
A clinical study of Auriculotherapy in canine  
thoracolumbar disc diseases.  
American Journal of Acupuncture  
Vol. 15, No 1, pp 102-105, January-March 1987.

STEFANATOS, Joanne  
Energy Medicine: Part three  
American Journal of Acupuncture  
Vol. 14, No. 3., July-September, 1988.

SUMANO, López  
Medicina Tradicional China, un reto para Occidente.  
Vet. Méx. XX1:4, 1990, pp 377-387.

VEITH, Hza  
Acupuncture Therapy, Past and Present  
J.A.M.A, May 12, 1962, pp 134-139.

ANALOG DEVICES  
Data Conversion Products Databook 1988.

INTERSIL  
Components Data Catalog  
Intersil 1987.

MOTOROLA  
CMOS/NMOS Special functions data  
Motorola Inc. 1985.

MOTOROLA  
M6805 HMOS/M146805 CMOS Family users manual.  
Table of contents  
Motorola Inc. 1983.

NATIONAL SEMICONDUCTOR  
Linear Databook 1988



## APENDICE A

---

0100		ORG	\$100	
- 0004	DDRA	EQU	\$004	; Registro de control del PORTA
- 0005	DDRB	EQU	\$005	; Registro de control del PORTB
- 0006	DDRC	EQU	\$006	; Registro de control del PORTC
- 0000	PORTA	EQU	\$000	; Registro de datos del PORTA
- 0001	PORTB	EQU	\$001	; Registro de datos del PORTB
- 0002	PORTC	EQU	\$002	; Registro de datos del PORTC
- 0003	PORTD	EQU	\$003	; Registro de datos del PORTD
- 000E	ADCR	EQU	\$00E	; Registro de control del PORTD
- 000F	ADRR	EQU	\$00F	; Registro de resultado del PORTD
- 0007	FC	EQU	7	; Bandera de fin de conversión
- 0010	RAM	EQU	\$010	; Dirección de inicio de RAM
- 0080	ZROM	EQU	\$080	; Dirección de inicio de la pág 0
- 0100	EPROM	EQU	\$100	; Dirección de inicio de EPROM
- 0A00	INLET	EQU	\$A00	; Dirección de inicio de letreras
- 0A40	AVANC	EQU	\$A40	; Dirección de inicio "Avance"
- 0A50	RETRO	EQU	\$A50	; Dirección de inicio "Retroceso"
- 0A30	EJECU	EQU	\$A30	; Dirección de inicio "Ejecuta"
- 0A20	PARO	EQU	\$A20	; Dirección de inicio "Paro"
- 0A60	SELEC	EQU	\$A60	; Dirección de inicio "Selección"
- 0A70	REINI	EQU	\$A70	; Dirección de inicio "Reinicio"
- 0AA0	BARRA	EQU	\$AA0	; Dirección de inicio "Barra"
- 0900	CDS01	EQU	\$900	; Código de selección de especie
- 0901	CDS02	EQU	\$901	; Código de selección de región
- 0A90	HOMO	EQU	\$A90	; Dirección de inicio "Humano"
- 0AA0	VACA	EQU	\$AA0	; Dirección de inicio "Vaca"
- 0AB0	CABAL	EQU	\$AB0	; Dirección de inicio "Caballo"
- 0AC0	PERRO	EQU	\$AC0	; Dirección de inicio "Perro"
- 0AD0	CERDO	EQU	\$AD0	; Dirección de inicio "Cerdo"
- 0AE0	OREJA	EQU	\$AE0	; Dirección de inicio "Oreja"
- 0AF0	CUERPO	EQU	\$AF0	; Dirección de inicio "Cuerpo"
- 0FFE	RESET	EQU	\$FFE	
- 0902	DELAY1	EQU	\$902	; Registros de retardo
- 0903	DELAY2	EQU	\$903	
0100 A603	LDA	#S03		; Rutina de Inicialización
0102 B704	STA	DDRA		; Programa PORTA para entrada
0104 A6FF	LDA	#SFF		; de teclado
0106 B705	STA	DDRB		; Programa PORTB como salida
0108 A6FF	LDA	#SFF		; (Puerto de control)
010A B706	STA	DDRC		; Programa PORTC como salida
010C A600	LDA	#S00		; para despliegue
010E B70E	STA	ADCR		; Selección entrada ANO para el
0110 A6FF	LDA	#SFF		; convertidor
0112 B701	STA	PORTB		
0114 1901	BCLR	4, PORTB		
0116 1301	BCLR	1, PORTB		
0118 1801	BSET	4, PORTB		
011A A6AA	LDA	#SAA		; Inicia rutina de prueba de RAM
011C AE00	LDX	#S00		; Carga el registro de índice
011E E710	RUT1	STA	\$10,X	
0120 5C	INCX			
0121 A37F	CPX	#S7F		; Compara el contenido del
0123 26F9	BNE	RUT1		; registro X con el contenido
0125 AE00	LDX	#S00		; de la última localidad de RAM

```

0127 E110      OOK      CMP      $10,X      ; Proceso de lectura de RAM
0129 269A      BNE      ERROR      ; Salta a subrutina ERROR
012B 5C        INCX
012C A37F      CPX      #57F
012E 26F7      BNE      COM
0130 A4AA      AND      #5AA
0132 B704      STA      $04
0134 A604      LDA      #504      ; Inicia rutina de prueba de
0136 CD0147     JSR      CONV      ; convertidor A/D
0139 A1FE      RD3      CMP      #5FE      ; Compara resultado de conversión
013B 2707      BRQ      RD        ; del dato conocido
013D A1FF      CMP      #5FF
013F 2703      BEQ      RD
0141 CC09C5     JMP      ERROR      ; Si no es igual al valor
0144 CC09C5     RD        JMP      ERROR      ; esperado activa alarma
0147 B70E      CONV     STA      ADCR      ; Proceso de conversión
0149 OF0EFD     RD2      BRCLR 7,ADCR,RD2
014C B60F      LDA      ADDR
014E B706      STA      $06
0150 CC0139     JMP      RD3      ; Salta a la rutina de preparación
0153 CD09AB     JSR      VERI      ; de LCD
0156 AE00      LDX      #500      ; Prueba de LCD
0158 D60AA0     LBARR    LDA      BARRA,X    ; Despliega barra continua
015B B702      STA      PORTC
015D 5C        INCX
015E A310      CPX      #510
0160 26F6      BNE      LBARR
0162 B600      PRUB?   LDA      PORTA      ; Pregunta si se desean realizar
0164 A10C      CMP      #50C      ; las pruebas de hardware
0166 2707      BEQ      INIC
0168 A130      CMP      #530
016A 2724      BEQ      SALE
016C CC0162     JMP      PRUB?
016F B600      INIC    LDA      PORTA      ; Inicia rutina de pruebas
0171 A104      CMP      #504      ; ¿Oprimió Avance?
0173 27B0      BEQ      LAVAN
0175 A108      CMP      #508      ; ¿Oprimió Retroceso?
0177 27C1      BEQ      LRETR
0179 A110      CMP      #510      ; ¿Oprimió Ejecuta?
017B 27D2      BEQ      LEJEC
017D A120      CMP      #520      ; ¿Oprimió Paro?
017F 27E3      BEQ      LPARO
0181 A140      CMP      #540      ; ¿Oprimió Selección?
0183 27F4      BEQ      LSELE
0185 A180      CMP      #580      ; ¿Oprimió Reinicio?
0187 2705      BEQ      LREIN
0189 A130      CMP      #530      ; ¿Fin de pruebas?
018B 2703      BRQ      SALE      ; Termina pruebas
018D CC016F     JMP      INIC
0190 9D        SALE    HOP
0191 CD09AB     DPHO    JSR      VERI      ; Despliega letrero "Humano"
0194 AE00      LDX      #500
0196 D60A90     LHOMO   LDA      HOMO,X
0199 B702      STA      PORTC
019B 5C        INCX

```

019C	A310		CPX	#\$10	
019E	26F6		BNE	LHOMO	
01A0	B600	AVANI	LDA	\$00	; Inicia rutina de selección
01A2	A180		CHP	#\$80	; Reinicio?
01A4	2758		BEQ	RESET	
01A6	A104		CHP	#\$04	; Avance?
01A8	275F		BEQ	DPVA	; Despliega "Vaca"
01AA	A108		CHP	#\$08	; Retroceso?
01AC	27D6		BEQ	DPCR	; Despliega "Cerdo"
01AE	A140		CHP	#\$40	; Selección?
01B0	26EE		BNE	AVANI	
01B2	A681		LDA	#\$81	
01B4	C70900		STA	CDSE1	; Guarda código
01B7	CD09AB	LOOP	JSR	VERI	
01BA	AE00		LDX	#\$00	
01BC	D60AEO	LOREJ	LDA	OREJA,X	; Despliega "Oreja"
01BF	B702		STA	PORTC	
01C1	5C		INCX		
01C2	A310		CPX	#\$10	
01C4	26F6		BNE	LOREJ	
01C6	B600	ELEC	LDA	\$00	; Monitorea teclado
01C8	A180		CHP	#\$80	; Reinicio?
01CA	2732		BEQ	RESET	
01CC	A104		CHP	#\$04	; Avance?
01CE	2710		BEQ	CONTI	; Despliega "Cuerpo"
01D0	A108		CHP	#\$08	; Retroceso?
01D2	270C		BEQ	CONTI	
01D4	A140		CHP	#\$40	; Selección?
01D6	26EE		BNE	ELEC	
01D8	A6C0		LDA	#\$C0	
01DA	C70901		STA	CDSE2	; Guarda código
01DD	CD02AD		JSR	AJSEN	; Termina selección
01E0	CD09AB	CONTI	JSR	VERI	
01E3	AE00		LDX	#\$00	
01E5	D60AFO	LCUER	LDA	CUERP,X	
01E8	B702		STA	PORTC	
01EA	5C		INCX		
01EB	A310		CPX	#\$10	
01ED	26F6		BNE	LCUER	
01EF	B600	SIG13	LDA	\$00	; Reinicio?
01F1	A180		CHP	#\$80	
01F3	2709		BEQ	RESET	
01F5	A104		CHP	#\$04	; Avance?
01F7	27BE		BEQ	LOOP	; Despliega "Oreja"
01F9	A108		CHP	#\$08	; Retroceso?
01FB	27BA		BEQ	LOOP	
01FD	A140		CHP	#\$40	; Selección?
01FF	26EE		BNE	SIG13	
0201	A603		LDA	#\$03	; Guarda Código
0203	C70901		STA	CDSE2	
0206	CD02AD		JSR	AJSEN	; Termina Selección
0209	CD09AB	DPVA	JSR	VERI	
020C	AE00		LDX	#\$00	
020E	D60AA0	LVACA	LDA	VACA,X	; Despliega letrero "Vaca"
0211	B702		STA	PORTC	



0213	5C		INCX		
0214	A310		CPX	#\$10	
0216	26F6		BNE	LVACA	
0218	B600	AVAN2	LDA	\$00	; Monitorea teclado
021A	A180		CMP	#\$80	; Reinicio?
021C	27E0		BEQ	RESET	
021E	A104		CHP	#\$04	; Avance?
0220	2710		BEQ	DPCA	; Despliega "Caballo"
0222	A108		CHP	#\$08	; Retroceso?
0224	2768		BEQ	DPHO	; Despliega "Humano"
0226	A140		CHP	#\$40	; Selección?
0228	26E2		BNE	AVAN2	
022A	A642		LDA	#\$42	; Guarda Código
022C	C70900		STA	CDSE1	
022F	CD01B7		JSR	LOOP	; Salta selección de región
0232	CD09AB	DPCA	JSR	VERI	
0235	AE00		LDX	#\$00	
0237	D60AB0	LCAB	LDA	CABAL,X	; Despliega "Caballo"
023A	B702		STA	PORTC	
023C	5C		INCX		
023D	A310		CPX	#\$10	
023F	26F6		BNE	LCAB	
0241	B600	AVAN3	LDA	\$00	; Monitorea teclado
0243	A180		CHP	#\$80	; Reinicio?
0245	27B7		BEQ	RESET	
0247	A104		CHP	#\$04	; Avance?
0249	2710		BEQ	DPFR	; Despliega "Perro"
024B	A108		CHP	#\$08	; Retroceso?
024D	27BA		BEQ	DPVA	; Despliega "Vaca"
024F	A140		CHP	#\$40	; Selección?
0251	26E2		BNE	AVAN3	
0253	A624		LDA	#\$24	; Guarda Código
0255	C70900		STA	CDSE1	
0258	CD01B7		JSR	LOOP	; Salta a selección de región
025B	CD09AB	DPPR	JSR	VERI	
025E	AE00		LDX	#\$00	
0260	D60AC0	LPERR	LDA	PERRO,X	; Despliega "Perro"
0263	B702		STA	PORTC	
0265	5C		INCX		
0266	A310		CPX	#\$10	
0268	26F6		BNE	LPERR	
026A	B600	AVAN4	LDA	\$00	; Monitorea teclado
026C	A180		CHP	#\$80	; Reinicio?
026E	276E		BEQ	RESET	
0270	A104		CHP	#\$04	; Avance?
0272	2710		BEQ	DPCR	; Despliega "Cerdo"
0274	A108		CHP	#\$08	; Retroceso?
0276	27BA		BEQ	DPCA	; Despliega "Caballo"
0278	A140		CHP	#\$40	; Selección?
027A	26E2		BNE	AVAN4	
027C	A618		LDA	#\$18	; Guarda Código
027E	C70900		STA	CDSE1	
0281	CD01B7		JSR	LOOP	; Salta a selección de región
0284	CD09AB	DPCR	JSR	VERI	
0287	AE00		LDX	#\$00	

---

```

0289 D60AD0 LCERD LDA CERDO,X ; Despliega "Cerdo"
028C B702 STA PORTC
028E 5C INCX
028F A310 CPX #S10
0291 26F6 BNE LCERD
0293 B600 AVANS LDA S00 ; Monitorea teclado
0295 A180 CMP #S80 ; Reinicio?
0297 2765 BEQ RESET
0299 A104 CMP #S04 ; Avance?
029B 27F4 BEQ DPHO ; Despliega "Humano"
029D A108 CMP #S08 ; Retroceso?
029F 27BA BEQ DPPR ; Despliega "Ferro"
02A1 A140 CMP #S40 ; Selección
02A3 26EE BNE AVANS
02A5 A6FF LDA #SFF ; Guarda Código
02A7 C70900 STA CDSE1
02AA CD01B7 JSR LOOP ; Salta a selección de región
02AD C60900 AJSEN LDA CDSE1 ; Inicia rutina de ajuste de
02B0 A181 CMP #S81 ; sensibilidad
02B2 2713 BEQ CPOC1 ; Compara con opciones de
02B4 A142 CMP #S42 ; selección
02B6 271D BEQ CPOC2
02B8 A124 CMP #S24
02BA 2727 BEQ CPOC3
02BC A118 CMP #S18
02BE 2731 BEQ CPOC4
02C0 A1FF CMP #SFF
02C2 273B BEQ CPOC5
02C4 CD09C5 JSR ERROR
02C7 C60901 CPOC1 LDA CDSE2 ; Compara código de selección
02CA A1C0 CMP #SC0 ; y elige línea de salida al
02CC 273F BEQ MUX1 ; multiplexor
02CE A103 CMP #S03
02D0 2742 BEQ MUX2
02D2 CD09C5 JSR ERROR
02D5 C60901 CPOC2 LDA CDSE2
02D8 A1C0 CMP #SC0
02DA 273F BEQ MUX3
02DC A103 CMP #S03
02DE 2742 BEQ MUX4
02E0 CD09C5 JSR ERROR
02E3 C60901 CPOC3 LDA CDSE2
02E6 A1C0 CMP #SC0
02E8 273F BEQ MUX5
02EA A103 CMP #S03
02EC 2742 BEQ MUX6
02EE CD09C5 JSR ERROR
02F1 C60901 CPOC4 LDA CDSE2
02F4 A1C0 CMP #SC0
02F6 273F BEQ MUX7
02F8 A103 CMP #S03
02FA 2742 BEQ MUX8
02FC CD09C5 JSR ERROR
02FF C60901 CPOC5 LDA CDSE2
0302 A1C0 CMP #SC0

```

0304	273F		BEQ	MUX9	
0306	A103		CHP	#S03	
0308	2742		BEQ	MUX10	
030A	CD09C5		JSR	ERROR	
030D	A680	MUX1	LDA	#S80	; Selecciona línea 1
030F	B701		STA	PORTB	
0311	CD0353		JSR	REPET	
0314	A682	MUX2	LDA	#S82	; Selecciona línea 2
0316	B701		STA	PORTB	
0318	CD0353		JSR	REPET	
031B	A684	MUX3	LDA	#S84	; Selecciona línea 3
031D	B701		STA	PORTB	
031F	CD0353		JSR	REPET	
0322	A686	MUX4	LDA	#S86	; Selecciona línea 4
0324	B701		STA	PORTB	
0326	CD0353		JSR	REPET	
0329	A688	MUX5	LDA	#S88	; Selecciona línea 5
032B	B701		STA	PORTB	
032D	CD0353		JSR	REPET	
0330	A68A	MUX6	LDA	#S8A	; Selecciona línea 6
0332	B701		STA	PORTB	
0334	CD0353		JSR	REPET	
0337	A68C	MUX7	LDA	#S8C	; Selecciona línea 7
0339	B701		STA	PORTB	
033B	CD0353		JSR	REPET	
033E	A68E	MUX8	LDA	#S8E	; Selecciona línea 8
0340	B701		STA	PORTB	
0342	CD0353		JSR	REPET	
0345	A690	MUX9	LCA	#S90	; Selecciona línea 9
0347	B701		STA	PORTB	
0349	CD0353		JSR	REPET	
034C	A692	MUX10	LDA	#S92	; Selecciona línea 10
034E	B701		STA	PORTB	
0350	CD0353		JSR	REPET	
0353	B600	REPET	LDA	S00	; Salta a rutina de medición
0355	A110		CHP	#S10	
0357	2707		BEQ	MEDIC	
0359	A100		CHP	#S80	
035B	27A1		BEQ	RESET	
035D	CC0353		JMP	REPET	
0360	B60F	MEDIC	LDA	ADRR	; Inicia rutina de medición
0362	A11C		CHP	#S1C	; Inicia rutina de comparación
0364	27FB		BEQ	VAL1	; 40
0366	A11D		CHP	#S1D	
0368	2701		BEQ	VAL2	; 42
036A	A11E		CHP	#S1E	
036C	27FD		BEQ	VAL2	
036E	A11F		CHP	#S1F	
0370	2703		BEQ	VAL3	; 45
0372	A120		CHP	#S20	
0374	27FF		BEQ	VAL3	
0376	A121		CHP	#S21	
0378	2705		BEQ	VAL4	; 48
037A	A122		CHP	#S22	
037C	2701		BEQ	VAL4	

---

037E A123	CHP	#\$23	
0380 2707	BEQ	VAL5	,50
0382 A124	CHP	#\$24	
0384 270D	BEQ	VAL6	,52
0386 A125	CHP	#\$25	
0388 2709	BEQ	VAL6	
038A A126	CHP	#\$26	
038C 270F	BEQ	VAL7	,55
038E A127	CHP	#\$27	
0390 270B	BEQ	VAL7	
0392 A128	CHP	#\$28	
0394 2711	BEQ	VAL8	,58
0396 A129	CHP	#\$29	
0398 270D	BEQ	VAL8	
039A A12A	CHP	#\$2A	
039C 2713	BEQ	VAL9	,60
039E A12B	CHP	#\$2B	
03A0 2719	BEQ	VAL10	,62
03A2 A12C	CHP	#\$2C	
03A4 2715	BEQ	VAL10	
03A6 A12D	CHP	#\$2D	
03A8 271B	BEQ	VAL11	,65
03AA A12E	CHP	#\$2E	
03AC 2717	BEQ	VAL11	
03AE A12F	CHP	#\$2F	
03B0 271D	BEQ	VAL12	,68
03B2 A130	CHP	#\$30	
03B4 2719	BEQ	VAL12	
03B6 A131	CHP	#\$31	
03B8 271F	BEQ	VAL13	,70
03BA A132	CHP	#\$32	
03BC 2725	BEQ	VAL14	,72
03BE A133	CHP	#\$33	
03C0 2721	BEQ	VAL14	
03C2 A134	CHP	#\$34	
03C4 2727	BEQ	VAL15	,75
03C6 A135	CHP	#\$35	
03C8 2723	BEQ	VAL15	
03CA A136	CHP	#\$36	
03CC 2729	BEQ	VAL16	,78
03CE A137	CHP	#\$37	
03D0 2725	BEQ	VAL16	
03D2 A138	CHP	#\$38	
03D4 272B	BEQ	VAL17	,80
03D6 A139	CHP	#\$39	
03D8 2731	BEQ	VAL18	,82
03DA A13A	CHP	#\$3A	
03DC 272D	BEQ	VAL18	
03DE A13B	CHP	#\$3B	
03E0 2733	BEQ	VAL19	,85
03E2 A13C	CHP	#\$3C	
03E4 272F	BEQ	VAL19	
03E6 A13D	CHP	#\$3D	
03E8 2735	BEQ	VAL20	,88
03EA A13E	CHP	#\$3E	

---

03EC 2731	BEQ	VAL20	
03EE A13F	CHP	#53F	
03FO 2737	BEQ	VAL21	,90
03F2 A140	CHP	#540	
03F4 273D	BEQ	VAL22	,92
03F6 A141	CHP	#541	
03F8 2739	BEQ	VAL22	
03FA A142	CHP	#542	
03FC 273F	BEQ	VAL23	,94
03FE A143	CHP	#543	
0400 273B	BEQ	VAL23	
0402 A144	CHP	#544	
0404 2741	BEQ	VAL24	,98
0406 A145	CHP	#545	
0408 273D	BEQ	VAL24	
040A A146	CHP	#546	
040C 2743	BEQ	VAL25	,100
040E A147	CHP	#547	
0410 2749	BEQ	VAL26	,102
0412 A148	CHP	#548	
0414 2745	BEQ	VAL26	
0416 A149	CHP	#549	
0418 274B	BEQ	VAL27	,104
041A A14A	CHP	#54A	
041C 2747	BEQ	VAL27	
041E A14B	CHP	#54B	
0420 274D	BEQ	VAL28	,108
0422 A14C	CHP	#54C	
0424 2749	BEQ	VAL28	
0426 A14D	CHP	#54D	
0428 274F	BEQ	VAL29	,110
042A A14E	CHP	#54E	
042C 2755	BEQ	VAL30	,112
042E A14F	CHP	#54F	
0430 2751	BEQ	VAL30	
0432 A150	CHP	#550	
0434 2757	BEQ	VAL31	,115
0436 A151	CHP	#551	
0438 2753	BEQ	VAL31	
043A A152	CHP	#552	
043C 2759	BEQ	VAL32	,118
043E A153	CHP	#553	
0440 2755	BEQ	VAL32	
0442 A154	CHP	#554	
0444 275B	BEQ	VAL33	,120
0446 A155	CHP	#555	
0448 2761	BEQ	VAL34	,122
044A A156	CHP	#556	
044C 275D	BEQ	VAL34	
044E A157	CHP	#557	
0450 2763	BEQ	VAL35	,125
0452 A158	CHP	#558	
0454 275F	BEQ	VAL35	
0456 A159	CHP	#559	
0458 2765	BEQ	VAL36	,128

---

045A	A15A	CHP	#\$5A	
045C	2761	BEQ	VAL36	
045E	A15B	CHP	#\$5B	
0460	2767	BEQ	VAL37	,130
0462	A15C	CHP	#\$5C	
0464	276D	BEQ	VAL38	,132
0466	A15D	CHP	#\$5D	
046B	2769	BEQ	VAL38	
046A	A15E	CHP	#\$5E	
046C	276F	BEQ	VAL39	,135
046E	A15F	CHP	#\$5F	
0470	276B	BEQ	VAL39	
0472	A160	CHP	#\$60	
0474	2771	BEQ	VAL40	,138
0476	A161	CHP	#\$61	
0478	276D	BEQ	VAL40	
047A	A162	CHP	#\$62	
047C	2773	BEQ	VAL41	,140
047E	A163	CHP	#\$63	
0480	2779	BEQ	VAL42	,142
0482	A164	CHP	#\$64	
0484	2775	BEQ	VAL42	
0486	A165	CHP	#\$65	
0488	277B	BEQ	VAL43	,145
048A	A166	CHP	#\$66	
048C	2777	BEQ	VAL43	
048E	A167	CHP	#\$67	
0490	277D	BEQ	VAL44	,148
0492	A168	CHP	#\$68	
0494	2779	BEQ	VAL44	
0496	A169	CHP	#\$69	
0498	277F	BEQ	VAL45	,150
049A	A16A	CHP	#\$6A	
049C	2785	BEQ	VAL46	,152
049E	A16B	CHP	#\$6B	
04A0	2781	BEQ	VAL46	
04A2	A16C	CHP	#\$6C	
04A4	2787	BEQ	VAL47	,155
04A6	A16D	CHP	#\$6D	
04A8	2783	BEQ	VAL47	
04AA	A16E	CHP	#\$6E	
04AC	2789	BEQ	VAL48	,158
04AE	A16F	CHP	#\$6F	
04B0	2785	BEQ	VAL48	
04B2	A170	CHP	#\$70	
04B4	278B	BEQ	VAL49	,160
04B6	A171	CHP	#\$71	
04B8	2791	BEQ	VAL50	,162
04BA	A172	CHP	#\$72	
04BC	278D	BEQ	VAL50	
04BK	A173	CHP	#\$73	
04C0	2793	BEQ	VAL51	,165
04C2	A174	CHP	#\$74	
04C4	278F	BEQ	VAL51	
04C6	A175	CHP	#\$75	

---

04C8 2795	BEQ	VAL52	j168
04CA A176	CHP	#S76	
04CC 2791	BEQ	VAL52	
04CE A177	CHP	#S77	
04D0 2797	BEQ	VAL53	j170
04D2 A178	CHP	#S78	
04D4 279D	BEQ	VAL54	j172
04D6 A179	CHP	#S79	
04D8 2799	BEQ	VAL54	
04DA A17A	CHP	#S7A	
04DC 279F	BEQ	VAL55	j175
04DE A17B	CHP	#S7B	
04E0 279B	BEQ	VAL55	
04E2 A17C	CHP	#S7C	
04E4 2797	BEQ	VAL55	
04E6 A17D	CHP	#S7D	
04E8 279D	BEQ	VAL56	j178
04EA A17E	CHP	#S7E	
04EC 2799	BEQ	VAL56	
04EE A17F	CHP	#S7F	
04F0 279F	BEQ	VAL57	j180
04F2 A180	CHP	#S80	
04F4 27A5	BEQ	VAL58	j182
04F6 A181	CHP	#S81	
04F8 27A1	BEQ	VAL58	
04FA A182	CHP	#S82	
04FC 27A7	BEQ	VAL59	j185
04FE A183	CHP	#S83	
0500 27A3	BEQ	VAL59	
0502 A184	CHP	#S84	
0504 27A9	BEQ	VAL60	j188
0506 A185	CHP	#S85	
0508 27A5	BEQ	VAL60	
050A A186	CHP	#S86	
050C 27AB	BEQ	VAL61	j190
050E A187	CHP	#S87	
0510 27B1	BEQ	VAL62	j192
0512 A188	CHP	#S88	
0514 27AD	BEQ	VAL62	
0516 A189	CHP	#S89	
0518 27B3	BEQ	VAL63	j195
051A A18A	CHP	#S8A	
051C 27AF	BEQ	VAL63	
051E A18B	CHP	#S8B	
0520 27B5	BEQ	VAL64	j198
0522 A18C	CHP	#S8C	
0524 27B1	BEQ	VAL64	
0526 A18D	CHP	#S8D	
0528 27B7	BEQ	VAL65	j200
052A A18E	CHP	#S8E	
052C 27BD	BEQ	VAL66	j202
052E A18F	CHP	#S8F	
0530 27B9	BEQ	VAL66	
0532 A190	CHP	#S90	
0534 27BF	BEQ	VAL67	j205

---

0536	A191		CMP	#591	
0538	27BB		BEQ	VAL67	
053A	A192		CMP	#592	
053C	27C1		BEQ	VAL68	;208
053E	A193		CMP	#593	
0540	27BD		BEQ	VAL68	
0542	A194		CMP	#594	
0544	27C3		BEQ	VAL69	;210
0546	A195		CMP	#595	
0548	27C9		BEQ	VAL70	;212
054A	A196		CMP	#596	
054C	27C5		BEQ	VAL70	
054E	A197		CMP	#597	
0550	27CB		BEQ	VAL71	;214
0552	A198		CMP	#598	
0554	27C7		BEQ	VAL71	
0556	A199		CMP	#599	
0558	27CD		BEQ	VAL72	;216
055A	A19A		CMP	#59A	
055C	27C9		BEQ	VAL72	
055E	CC0360		JMP	MEDIC	
0561	CD0831	VAL1	JSR	CUATS	; Inicia rutinas de despliegue.
0564	A630		LDA	#530	; Llama a subrutina según
0566	B702		STA	PORTC	; intervalo donde se encuentre
0568	CC0360		JMP	MEDIC	; la resistencia medida y luego
056B	CD0831	VAL2	JSR	CUATS	; cambia un solo dígito del
056E	A632		LDA	#532	; letrero general
0570	B702		STA	PORTC	
0572	CC0360		JMP	MEDIC	
0575	CD0831	VAL3	JSR	CUATS	
0578	A635		LDA	#535	
057A	B702		STA	PORTC	
057C	CC0360		JMP	MEDIC	
057F	CD0831	VAL4	JSR	CUATS	
0582	A638		LDA	#538	
0584	B702		STA	PORTC	
0586	CC0360		JMP	MEDIC	
0589	CD083D	VAL5	JSR	CNQTS	
058C	A630		LDA	#530	
058E	B702		STA	PORTC	
0590	CC0360		JMP	MEDIC	
0593	CD083D	VAL6	JSR	CNQTS	
0596	A632		LDA	#532	
0598	B702		STA	PORTC	
059A	CC0360		JMP	MEDIC	
059D	CD083D	VAL7	JSR	CNQTS	
05A0	A635		LDA	#535	
05A2	B702		STA	PORTC	
05A4	CC0360		JMP	MEDIC	
05A7	CD083D	VAL8	JSR	CNQTS	
05AA	A638		LDA	#538	
05AC	B702		STA	PORTC	
05AE	CC0360		JMP	MEDIC	
05B1	CD0849	VAL9	JSR	SESTS	
05B4	A630		LDA	#530	

---



05B6	B702		STA	PORTC
05B8	CC0360		JMP	MEDIC
05BB	CD0849	VAL10	JSR	SESTS
05BE	A632		LDA	#\$32
05C0	B702		STA	PORTC
05C2	CC0360		JMP	MEDIC
05C5	CD0849	VAL11	JSR	SESTS
05C8	A635		LDA	#\$35
05CA	B702		STA	PORTC
05CC	CC0360		JMP	MEDIC
05CF	CD0849	VAL12	JSR	SESTS
05D2	A638		LDA	#\$38
05D4	B702		STA	PORTC
05D6	CC0360		JMP	MEDIC
05D9	CD0855	VAL13	JSR	SETTS
05DC	A630		LDA	#\$30
05DE	B702		STA	PORTC
05E0	CC0360		JMP	MEDIC
05E3	CD0855	VAL14	JSR	SETTS
05E6	A632		LDA	#\$32
05E8	B702		STA	PORTC
05EA	CC0360		JMP	MEDIC
05ED	CD0855	VAL15	JSR	SETTS
05F0	A635		LDA	#\$35
05F2	B702		STA	PORTC
05F4	CC0360		JMP	MEDIC
05F7	CD0855	VAL16	JSR	SETTS
05FA	A638		LDA	#\$38
05FC	B702		STA	PORTC
05FE	CC0360		JMP	MEDIC
0601	CD0861	VAL17	JSR	OCHTS
0604	A630		LDA	#\$30
0606	B702		STA	PORTC
0608	CC0360		JMP	MEDIC
060B	CD0861	VAL18	JSR	OCHTS
060E	A632		LDA	#\$32
0610	B702		STA	PORTC
0612	CC0360		JMP	MEDIC
0615	CD0861	VAL19	JSR	OCHTS
0618	A635		LDA	#\$35
061A	B702		STA	PORTC
061C	CC0360		JMP	MEDIC
061F	CD0861	VAL20	JSR	OCHTS
0622	A638		LDA	#\$38
0624	B702		STA	PORTC
0626	CC0360		JMP	MEDIC
0629	CD086D	VAL21	JSR	NOVTS
062C	A630		LDA	#\$30
062E	B702		STA	PORTC
0630	CC0360		JMP	MEDIC
0633	CD086D	VAL22	JSR	NOVTS
0636	A632		LDA	#\$32
0638	B702		STA	PORTC
063A	CC0360		JMP	MEDIC
063D	CD086D	VAL23	JSR	NOVTS

---

0640	A635		LDA	#535
0642	B702		STA	PORTC
0644	CC0360		JMP	MEDIC
0647	CD086D	VAL24	JSR	NOVTS
064A	A638		LDA	#538
064C	B702		STA	PORTC
064E	CC0360		JMP	MEDIC
0651	CD0879	VAL25	JSR	CIENS
0654	A630		LDA	#530
0656	B702		STA	PORTC
0658	CC0360		JMP	MEDIC
065B	CD0879	VAL26	JSR	CIENS
065E	A632		LDA	#532
0660	B702		STA	PORTC
0662	CC0360		JMP	MEDIC
0665	CD0879	VAL27	JSR	CIENS
0668	A635		LDA	#535
066A	B702		STA	PORTC
066C	CC0360		JMP	MEDIC
066F	CD0879	VAL28	JSR	CIENS
0672	A638		LDA	#538
0674	B702		STA	PORTC
0676	CC0360		JMP	MEDIC
0679	CD0885	VAL29	JSR	CINDZ
067C	A630		LDA	#530
067E	B702		STA	PORTC
0680	CC0360		JMP	MEDIC
0683	CD0885	VAL30	JSR	CINDZ
0686	A632		LDA	#532
0688	B702		STA	PORTC
068A	CC0360		JMP	MEDIC
068D	CD0885	VAL31	JSR	CINDZ
0690	A635		LDA	#535
0692	B702		STA	PORTC
0694	CC0360		JMP	MEDIC
0697	CD0885	VAL32	JSR	CINDZ
069A	A638		LDA	#538
069C	B702		STA	PORTC
069E	CC0360		JMP	MEDIC
06A1	CD0891	VAL33	JSR	CVETS
06A4	A630		LDA	#530
06A6	B702		STA	PORTC
06A8	CC0360		JMP	MEDIC
06AB	CD0891	VAL34	JSR	CVETS
06AE	A632		LDA	#532
06B0	B702		STA	PORTC
06B2	CC0360		JMP	MEDIC
06B5	CD0891	VAL35	JSR	CVETS
06B8	A635		LDA	#535
06BA	B702		STA	PORTC
06BC	CC0360		JMP	MEDIC
06BF	CD0891	VAL36	JSR	CVETS
06C2	A638		LDA	#538
06C4	B702		STA	PORTC
06C6	CC0360		JMP	MEDIC

---

06C9	CD089D	VAL37	JSR	CTRTS
06CC	A630		LDA	#\$30
06CE	B702		STA	PORTC
06D0	CC0360		JMP	MEDIC
06D3	CD089D	VAL38	JSR	CTRTS
06D6	A632		LDA	#\$32
06D8	B702		STA	PORTC
06DA	CC0360		JMP	MEDIC
06DD	CD089D	VAL39	JSR	CTRTS
06E0	A635		LDA	#\$35
06E2	B702		STA	PORTC
06E4	CC0360		JMP	MEDIC
06E7	CD089D	VAL40	JSR	CTRTS
06EA	A638		LDA	#\$38
06EC	B702		STA	PORTC
06EE	CC0360		JMP	MEDIC
06F1	CD08A9	VAL41	JSR	CCATS
06F4	A630		LDA	#\$30
06F6	B702		STA	PORTC
06F8	CC0360		JMP	MEDIC
06FB	CD08A9	VAL42	JSR	CCATS
06FE	A632		LDA	#\$32
0700	B702		STA	PORTC
0702	CC0360		JMP	MEDIC
0705	CD08A9	VAL43	JSR	CCATS
0708	A635		LDA	#\$35
070A	B702		STA	PORTC
070C	CC0360		JMP	MEDIC
070F	CD08A9	VAL44	JSR	CCATS
0712	A638		LDA	#\$38
0714	B702		STA	PORTC
0716	CC0360		JMP	MEDIC
0719	CD08B5	VAL45	JSR	CCQTS
071C	A630		LDA	#\$30
071E	B702		STA	PORTC
0720	CC0360		JMP	MEDIC
0723	CD08B5	VAL46	JSR	CCQTS
0726	A632		LDA	#\$32
0728	B702		STA	PORTC
072A	CC0360		JMP	MEDIC
072D	CD08B5	VAL47	JSR	CCQTS
0730	A635		LDA	#\$35
0732	B702		STA	PORTC
0734	CC0360		JMP	MEDIC
0737	CD08B5	VAL48	JSR	CCQTS
073A	A638		LDA	#\$38
073C	B702		STA	PORTC
073E	CC0360		JMP	MEDIC
0741	CD08C1	VAL49	JSR	CSEST
0744	A630		LDA	#\$30
0746	B702		STA	PORTC
0748	CC0360		JMP	MEDIC
074B	CD08C1	VAL50	JSR	CSEST
074E	A632		LDA	#\$32
0750	B702		STA	PORTC

---

0752	CC0360		JMP	MEDIC
0755	CD08C1	VAL51	JSR	CSEST
0758	A635		LDA	#\$35
075A	B702		STA	PORTC
075C	CC0360		JMP	MEDIC
075F	CD08C1	VAL52	JSR	CSEST
0762	A638		LDA	#\$38
0764	B702		STA	PORTC
0766	CC0360		JMP	MEDIC
0769	CD08CD	VAL53	JSR	CSETT
076C	A630		LDA	#\$30
076E	B702		STA	PORTC
0770	CC0360		JMP	MEDIC
0773	CD08CD	VAL54	JSR	CSETT
0776	A632		LDA	#\$32
0778	B702		STA	PORTC
077A	CC0360		JMP	MEDIC
077D	CD08CD	VAL55	JSR	CSETT
0780	A635		LDA	#\$35
0782	B702		STA	PORTC
0784	CC0360		JMP	MEDIC
0787	CD08CD	VAL56	JSR	CSETT
078A	A638		LDA	#\$38
078C	B702		STA	PORTC
078E	CC0360		JMP	MEDIC
0791	CD08D9	VAL57	JSR	COHTS
0794	A630		LDA	#\$30
0796	B702		STA	PORTC
0798	CC0360		JMP	MEDIC
079B	CD08D9	VAL58	JSR	COHTS
079E	A632		LDA	#\$32
07A0	B702		STA	PORTC
07A2	CC0360		JMP	MEDIC
07A5	CD08D9	VAL59	JSR	COHTS
07A8	A635		LDA	#\$35
07AA	B702		STA	PORTC
07AC	CC0360		JMP	MEDIC
07AF	CD08D9	VAL60	JSR	COHTS
07B2	A638		LDA	#\$38
07B4	B702		STA	PORTC
07B6	CC0360		JMP	MEDIC
07B9	CD08E5	VAL61	JSR	CNVTS
07BC	A630		LDA	#\$30
07BE	B702		STA	PORTC
07C0	CC0360		JMP	MEDIC
07C3	CD08E5	VAL62	JSR	CNVTS
07C6	A632		LDA	#\$32
07C8	B702		STA	PORTC
07CA	CC0360		JMP	MEDIC
07CD	CD08E5	VAL63	JSR	CNVTS
07D0	A635		LDA	#\$35
07D2	B702		STA	PORTC
07D4	CC0360		JMP	MEDIC
07D7	CD08E5	VAL64	JSR	CNVTS
07DA	A638		LDA	#\$38

---

07DC	B702		STA	PORTC
07DE	CC0360		JMP	MEDIC
07E1	CD08F1	VAL65	JSR	DSCTS
07E4	A630		LDA	#\$30
07E6	B702		STA	PORTC
07E8	CC0360		JMP	MEDIC
07EB	CD08F1	VAL66	JSR	DSCTS
07EE	A632		LDA	#\$32
07F0	B702		STA	PORTC
07F2	CC0360		JMP	MEDIC
07F5	CD08F1	VAL67	JSR	DSCTS
07F8	A635		LDA	#\$35
07FA	B702		STA	PORTC
07FC	CC0360		JMP	MEDIC
07FF	CD08F1	VAL68	JSR	DSCTS
0802	A638		LDA	#\$38
0804	B702		STA	PORTC
0806	CC0360		JMP	MEDIC
0809	CD08FD	VAL69	JSR	DSCTS
080C	A630		LDA	#\$30
080E	B702		STA	PORTC
0810	CC0360		JMP	MEDIC
0813	CD08FD	VAL70	JSR	DSCTS
0816	A632		LDA	#\$32
0818	B702		STA	PORTC
081A	CC0360		JMP	MEDIC
081D	CD08FD	VAL71	JSR	DSCTS
0820	A634		LDA	#\$34
0822	B702		STA	PORTC
0824	CC0360		JMP	MEDIC
0827	CD08FD	VAL72	JSR	DSCTS
082A	A636		LDA	#\$36
082C	B702		STA	PORTC
082E	CC0360		JMP	MEDIC
0831	CD0909	CUATS	JSR	VERIF
0834	A690		LDA	#\$90
0836	B702		STA	PORTC
0838	A634		LDA	#\$34
083A	B702		STA	PORTC
083C	B1		RTS	
083D	CD0909	CNQTS	JSR	VERIF
0840	A690		LDA	#\$90
0842	B702		STA	PORTC
0844	A635		LDA	#\$35
0846	B702		STA	PORTC
0848	B1		RTS	
0849	CD0909	SESTS	JSR	VERIF
084C	A690		LDA	#\$90
084E	B702		STA	PORTC
0850	A636		LDA	#\$36
0852	B702		STA	PORTC
0854	B1		RTS	
0855	CD0909	SETTS	JSR	VERIF
0858	A690		LDA	#\$90
085A	B702		STA	PORTC

; Ultima subrutina de despliegue  
; de valores resistivos

; Inician subrutinas de despliegue  
; de intervalos. Desde 40 a 210

085C A637		LDA	#537
085E B702		STA	PORTC
0860 81		RTS	
0861 CD0909	OCHTS	JSR	VERIF
0864 A690		LDA	#590
0866 B702		STA	PORTC
0868 A638		LDA	#538
086A B702		STA	PORTC
086C 81		RTS	
086D CD0909	NOVTS	JSR	VERIF
0870 A690		LDA	#590
0872 B702		STA	PORTC
0874 A639		LDA	#539
0876 B702		STA	PORTC
0878 81		RTS	
0879 CD0909	CIENS	JSR	VERIF
087C A631		LDA	#531
087E B702		STA	PORTC
0880 A630		LDA	#530
0882 B702		STA	PORTC
0884 81		RTS	
0885 CD0909	CINDZ	JSR	VERIF
0888 A631		LDA	#531
088A B702		STA	PORTC
088C A631		LDA	#531
088E B702		STA	PORTC
0890 81		RTS	
0891 CD0909	CVETS	JSR	VERIF
0894 A631		LDA	#531
0896 B702		STA	PORTC
0898 A632		LDA	#532
089A B702		STA	PORTC
089C 81		RTS	
089D CD0909	CTRTS	JSR	VERIF
08A0 A631		LDA	#531
08A2 B702		STA	PORTC
08A4 A633		LDA	#533
08A6 B702		STA	PORTC
08A8 81		RTS	
08A9 CD0909	CCATS	JSR	VERIF
08AC A631		LDA	#531
08AE B702		STA	PORTC
08B0 A634		LDA	#534
08B2 B702		STA	PORTC
08B4 81		RTS	
08B5 CD0909	CCQTS	JSR	VERIF
08BB A631		LDA	#531
08BA B702		STA	PORTC
08BC A635		LDA	#535
08BE B702		STA	PORTC
08C0 81		RTS	
08C1 CD0909	CSEST	JSR	VERIF
08C4 A631		LDA	#531
08C6 B702		STA	PORTC
08C8 A636		LDA	#536

---

```

08CA B702          STA  PORTC
08CC 81           RTS
08CD CD0909      CSETT JSR  VERIF
08DD A631        LDA  #531
08DE B702          STA  PORTC
08DF A637        LDA  #537
08E0 B702          STA  PORTC
08E1 81           RTS
08E2 CD0909      COHRS JSR  VERIF
08E3 A631        LDA  #531
08E4 B702          STA  PORTC
08E5 A638        LDA  #538
08E6 B702          STA  PORTC
08E7 81           RTS
08E8 CD0909      CNVTS JSR  VERIF
08E9 A631        LDA  #531
08EA B702          STA  PORTC
08EB A639        LDA  #539
08EC B702          STA  PORTC
08ED 81           RTS
08EE CD0909      DSCTS JSR  VERIF
08EF A632        LDA  #532
08F0 B702          STA  PORTC
08F1 A630        LDA  #530
08F2 B702          STA  PORTC
08F3 81           RTS
08F4 CD0909      DDZTS JSR  VERIF
08F5 A632        LDA  #532
08F6 B702          STA  PORTC
08F7 A630        LDA  #530
08F8 B702          STA  PORTC
08F9 81           RTS
08FA CD0909      DDZTS JSR  VERIF
08FB A632        LDA  #532
08FC B702          STA  PORTC
08FD A631        LDA  #531
08FE B702          STA  PORTC
08FF 81           RTS
0900 A67F        VERIF LDA  #57F      ; Subrutina para verificaci3n de
0901 B706          STA  DDRC      ; despliegue
0902 A6A0        LDA  #5A0
0903 B701          STA  PORTB
0904 0802FD      FLAG  BRSET 7,PORTC,FLAG
0905 A6FF        LDA  #5FF
0906 B706          STA  DDRC
0907 A685        LDA  #585
0908 B702          STA  PORTC
0909 A680        LDA  #580
090A B701          STA  PORTB
090B A6C0        LDA  #5C0
090C B701          STA  PORTB
090D 81           RTS
090E CD09A3      LAVAN JSR  BEEP      ; Bloque de subrutinas Etapa Pruebas
090F CD09AB      JSR  VERI
0910 AE00        LDX  #500
0911 D60A40      AVNC  LDA  AVANC,X
0912 B702          STA  PORTC
0913 5C          INCX
0914 A310        CPX  #510
0915 26F6        BNE  AVNC
0916 CC016F      JMP  INIC

```

093A	CD09A3	LRETR	JSR	BEEP
093D	CD09AB		JSR	VERI
0940	AE00		LDX	#\$00
0942	D60A50	RETR1	LDA	RETRO,X
0945	B702		STA	PORTC
0947	5C		INCX	
0948	A310		CPX	#\$10
094A	26F6		BNE	RETR1
094C	CC016F		JMP	INIC
094F	CD09A3	LEJEC	JSR	BEEP
0952	CD09AB		JSR	VERI
0955	AE00		LDX	#\$00
0957	D60A30	EJEC1	LDA	EJECU,X
095A	B702		STA	PORTC
095C	5C		INCX	
095D	A310		CPX	#\$10
095F	26F6		BNE	EJEC1
0961	CC016F		JMP	INIC
0964	CD09A3	LPARO	JSR	BEEP
0967	CD09AB		JSR	VERI
096A	AE00		LDX	#\$00
096C	D60A20	PARO1	LDA	PARO,X
096F	B702		STA	PORTC
0971	5C		INCX	
0972	A310		CPX	#\$10
0974	26F6		BNE	PARO1
0976	CC016F		JMP	INIC
0979	CD09A3	LSELE	JSR	BEEP
097C	CD09AB		JSR	VERI
097F	AE00		LDX	#\$00
0981	D60A60	SELE1	LDA	SELEC,X
0984	B702		STA	PORTC
0986	5C		INCX	
0987	A310		CPX	#\$10
0989	26F6		BNE	SELE1
098B	CC016F		JMP	INIC
098E	CD09A3	LREIN	JSR	BEEP
0991	CD09AB		JSR	VERI
0994	AE00		LDX	#\$00
0996	D60A70	REIN1	LDA	REINI,X
0999	B702		STA	PORTC
099B	5C		INCX	
099C	A310		CPX	#\$10
099E	26F6		BNE	REIN1
09A0	CC016F		JMP	INIC
09A3	1001	BEEP	BSET	O,PORTB
09A5	CD09E1		JSR	RETARD
09A8	1101		BCLR	O,PORTB
09AA	81		RTS	
09AB	A67F	VERI	LDA	#\$7F
09AD	B706		STA	DDRC
09AF	A6A0		LDA	#\$A0
09B1	B701		STA	PORTB
09B3	DE02FD	FLAG1	BRSET	7,PORTC,FLAG1
09B6	A6FF		LDA	#\$FF

---



0988 B706		STA	DDRC	
098A A680		LDA	#580	
098C B701		STA	PORTB	
098E B702		STA	PORTC	
09C0 A6C0		LDA	#5C0	
09C2 B701		STA	PORTB	
09C4 81		RTS		
09C5 1001		BSET	0,PORTB	; Termina bloque de subrutinas
09C7 CD09E1	ERROR	JSR	RETARD	; Inicia subrutina de ERROR
09CA 1101		BCLR	0,PORTB	
09CC CD09E1		JSR	RETARD	
09CF 1001		BSET	0,PORTB	
09D1 CD09E1		JSR	RETARD	
09D4 1101		BCLR	0,PORTB	
09D6 CD09E1		JSR	RETARD	
09D9 1001		BSET	0,PORTB	
09DB CD09E1		JSR	RETARD	
09DE 1101		BCLR	0,PORTB	
09E0 81		RTS		
09E1 AE19	RETARD	LDX	#519	; Inicia rutina de RETARDO
09E3 5A	SIG1	DECX		
09E4 CF0902		STX	DELAY1	
09E7 A300		CPX	#500	
09E9 2603		BNE	SIG2	
09EB CCOA01		JMP	FINS	
09EE AE00	SIG2	LDX	#500	
09F0 5C	Y000	INCX		
09F1 CF0903		STX	DELAY2	
09F4 A3FF		CPX	#5FF	
09F6 2703		BEQ	RECA	
09F8 CC09F0		JMP	Y000	
09FB CE0902	RECA	LDX	DELAY1	
09FE CC09E3		JMP	SIG1	
0A01 81	FINS	RTS		

Tabla de Símbolos

ADCR	000E
ADRR	000F
AJSKN	02AD
AVAN1	01A0
AVAN2	0218
AVAN3	0241
AVAN4	026A
AVAN5	0293
AVANC	0A40
AVNC	092D
BARRA	0AA0
BEEP	09A3
CABAL	0AB0
CCATS	08A9
CCQTS	08B5
CDSE1	0900
CDSE2	0901
CERDO	0A0D

CIENS	0879
CINDE	0885
CNQTS	083D
CNVTS	08E5
COHTS	08D9
COM	0127
CONTI	0180
CONV	0147
CPOC1	02C7
CPOC2	02D5
CPOC3	02E3
CPOC4	02F1
CPOC5	02FF
CSEST	08C1
CSETT	08CD
CTRIS	089D
CUATS	0831
CUERP	0AF0
CVETS	0891
DDRA	0004
DDR8	0005
DDRC	0006
DDETS	08FD
DELAY1	0902
DELAY2	0903
DFCA	0232
DPCR	0284
DPHO	0191
DPPR	0258
DPVA	0209
DSCTS	08F1
EJEC1	0957
EJECU	0A30
ELEC	01C6
EPROM	0100
ERROR	09C5
FC	0007
FINS	0A01
FLAG	0911
FLAG1	09B3
HOMO	0A90
INIC	016F
INLET	0A00
LAVAN	0925
LBARR	0158
LCAB	0237
LCERD	0289
LCUER	0185
LEJEC	094F
LHOMO	0196
LOOP	0187
LOREJ	01BC
LPARO	0964
LPERR	0260
LREIN	098E

---

LRETR	093A
LSELE	0979
LVACA	020E
MEDIC	0360
MUX1	030D
MUX10	034C
MUX2	0314
MUX3	031B
MUX4	0322
MUX5	0329
MUX6	0330
MUX7	0337
MUX8	033E
MUX9	0345
NOVTS	086D
OCHTS	0861
OREJA	0A80
PARO	0A20
PARO1	096C
PERRO	0AC0
PORTA	0000
PORTB	0001
PORTC	0002
PORTD	0003
PRUB?	0162
RAM	0010
RD	0144
RD2	0149
RD3	0139
RECA	09FB
REIN1	0996
REINI	0A70
REPET	0353
RESET	0FFE
RETARD	09E1
RETR1	0942
RETRO	0A50
RUT1	011E
SALE	0190
SELE1	0981
SELEC	0A60
SESTS	0849
SETTS	0855
SIG1	09E3
SIG13	01EF
SIG2	09EE
VACA	0AA0
VALL	0561
VAL10	05BB
VAL11	05C5
VAL12	05CF
VAL13	05D9
VAL14	05E3
VAL15	05ED
VAL16	05F7

---

VAL17	0601
VAL18	0608
VAL19	0615
VAL2	056B
VAL20	061P
VAL21	0629
VAL22	0633
VAL23	063D
VAL24	0647
VAL25	0651
VAL26	065B
VAL27	0665
VAL28	066P
VAL29	0679
VAL3	0575
VAL30	0683
VAL31	068D
VAL32	0697
VAL33	06A1
VAL34	06AB
VAL35	06B5
VAL36	06BP
VAL37	06C9
VAL38	06D3
VAL39	06DD
VAL4	057P
VAL40	06E7
VAL41	06F1
VAL42	06FB
VAL43	0705
VAL44	070P
VAL45	0719
VAL46	0723
VAL47	072D
VAL48	0737
VAL49	0741
VAL5	0589
VAL50	074B
VAL51	0755
VAL52	075P
VAL53	0769
VAL54	0773
VAL55	077D
VAL56	0787
VAL57	0791
VAL58	079B
VAL59	07A5
VAL6	0593
VAL60	07AP
VAL61	07B9
VAL62	07C3
VAL63	07CD
VAL64	07D7
VAL65	07E1
VAL66	07EB

---

VAL67	07F5
VAL68	07FF
VAL69	0809
VAL7	059D
VAL70	0813
VAL71	081D
VAL72	0827
VAL8	05A7
VAL9	05B1
VERI	09AB
VERIF	0909
Y000	09F0
ZR0H	0080

---

## **APENDICE B**

---

**MOTOROLA****SEMICONDUCTORS**

3801 ED BLUESTEIN BLVD. AUSTIN, TEXAS 78721

**Advance Information****8 BIT EPROM MICROCOMPUTER UNIT WITH A/D**

The MC68705R3 Microcomputer Unit (MCU) is an EPROM member of the M6805 Family of low cost single chip microcomputers. The user programmable EPROM allows program changes and lower volume applications in comparison to the factory mask programmable versions. The EPROM versions also reduce the development costs and turn-around time for prototype evaluation of the mask ROM versions. This 8 bit microcomputer contains a CPU, on chip CLOCK, EPROM, bootstrap ROM, RAM, I/O, A/D Converter, and a TIMER.

Because of these features, the MC68705R3 offers the user an economical means of designing an M6805 Family MCU into his system, either as a prototype evaluation, as a low volume production run, or a pilot production run.

A comparison table of the key features for several members of the M6805 Family is shown on the last page of this data sheet.

**HARDWARE FEATURES:**

- 8 Bit Architecture
- 112 bytes of RAM
- Memory Mapped I/O
- 3776 Bytes of User EPROM
- Internal 8 Bit Timer with 7-Bit Prescaler
  - Programmable Prescaler
  - Programmable Timer Input Modes
- 4 Vectored Interrupts — External I/O, Timer (1), and Software (1)
- Zero Cross Detection on INT Input
- 24 TTL/CMOS Compatible Bidirectional I/O Lines (8 Lines are LED Compatible)
- 2-to-8 Digital Input Lines
- A/D Converter
  - 8 Bit Conversion, Monotonic
  - 1-to-4 Multiplexed Analog Inputs
  - $\pm 1/2$  LSB Quantizing Error
  - $\pm 1/2$  LSB All Other Errors
  - $\pm 1$  LSB Total Error (Max)
  - Ratio-metric Conversion
- On Chip Clock Generator
- Master Reset
- Complete Development System Support on EXORciser®
- 5 V Single Supply
- Emulates the MC6805R2
- Bootstrap Program in ROM Simplifies EPROM Programming

**SOFTWARE**

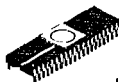
- Similar to M6800 Family
- Byte Efficient Instruction Set
- Easy to Program
- True Bit Manipulation
- Bit Test and Branch Instructions
- Versatile Interrupt Handling
- Versatile Index Registers
- Powerful Indexed Addressing for Tables
- Full Set of Conditional Branches
- Memory Usable as Registers/Flags
- Single Instruction Memory Examine/Change
- 10 Powerful Addressing Modes
- All Addressing Modes Apply to EPROM, RAM, and I/O

• EXORciser is a registered trademark of Motorola Inc.

This document contains information on a new product. Specifications and information herein are subject to change without notice.

**MC68705R3****HMOS**

HIGH-DENSITY, N-CANNEL  
DEPLETION LOAD,  
5 V EPROM PROCESS)

**8-BIT EPROM  
MICROCOMPUTER WITH A/D**

L SUFFIX  
CERAMIC PACKAGE  
CASE 715

**FIGURE 1 — PIN ASSIGNMENTS**

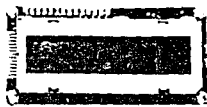
VSS	1	40	PA7
RESET	2	39	PA6
INT	3	38	PA5
VCC	4	37	PA4
EXTAL	5	36	PA3
XTAL	6	35	PA2
Vpp	7	34	PA1
TIMER/BOOT	8	33	PA0
PC0	9	32	PB7
PC1	10	31	PB6
PC2	11	30	PB5
PC3	12	29	PB4
PC4	13	28	PB3
PC5	14	27	PB2
PC6	15	26	PB1
PC7	16	25	PB0
PD7	17	24	PD0/AN0
PD6/INT2	18	23	PD1/AN1
PD5/VRI	19	22	PD2/AN2
PD4/VRL	20	21	PD3/AN3

AND

LCD Dot Matrix Modules

16 CHARACTERS x 1 LINE

AND671

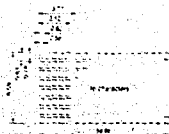


The AND671 is a 16 character x 1 line LCD dot matrix module. It is a monochrome, reflective, liquid crystal display (LCD) module. It is designed for use in portable electronic equipment. The module is housed in a standard 16-pin D-sub connector.

## FEATURES

- 16 character x 1 line LCD dot matrix display
- Monochrome, reflective, liquid crystal display (LCD) module
- Standard 16-pin D-sub connector
- Low power consumption
- Wide operating temperature range
- High contrast
- Small size
- Easy to use
- Long life
- High reliability
- Low cost

## Dot Matrix Dimensions (in millimeters)



## Mechanical Characteristics

Item	Symbol/Unit	Limit
Module Height	H	16.0 ± 0.2
Module Width	W	44.0 ± 0.2
Module Depth	D	12.0 ± 0.2
Module Weight	G	1.5 ± 0.1
Module Volume	V	864 ± 48
Module Area	A	624 ± 32
Module Perimeter	P	116 ± 6
Module Surface Area	S	192 ± 12
Module Volume	V	864 ± 48
Module Area	A	624 ± 32
Module Perimeter	P	116 ± 6
Module Surface Area	S	192 ± 12

## Absolute Maximum Ratings

Item	Symbol	Rating
Operating Voltage	V <sub>DD</sub>	5V
Operating Current	I <sub>DD</sub>	10mA
Operating Temperature	T <sub>OP</sub>	-20°C to 70°C
Storage Temperature	T <sub>STG</sub>	-40°C to 125°C

Electrical Characteristics (V<sub>DD</sub> = 5V)

Item	Symbol	Max	Typ	Min
Operating Voltage	V <sub>DD</sub>	5V	5V	5V
Operating Current	I <sub>DD</sub>	10mA	10mA	10mA
Operating Temperature	T <sub>OP</sub>	70°C	70°C	70°C
Storage Temperature	T <sub>STG</sub>	125°C	125°C	125°C
Power Consumption	P	50mW	50mW	50mW
Power-on Reset	PR	100ms	100ms	100ms
Power-off Reset	PO	100ms	100ms	100ms
Power-up Time	PT	100ms	100ms	100ms
Power-down Time	PD	100ms	100ms	100ms
Power-on Delay	POD	100ms	100ms	100ms
Power-off Delay	POD	100ms	100ms	100ms
Power-up Delay	POD	100ms	100ms	100ms
Power-down Delay	POD	100ms	100ms	100ms

Optical Characteristics (V<sub>DD</sub> = 5V, I<sub>DD</sub> = 10mA)

Item	Symbol	Max	Typ	Min
Operating Voltage	V <sub>DD</sub>	5V	5V	5V
Operating Current	I <sub>DD</sub>	10mA	10mA	10mA
Operating Temperature	T <sub>OP</sub>	70°C	70°C	70°C
Storage Temperature	T <sub>STG</sub>	125°C	125°C	125°C
Power Consumption	P	50mW	50mW	50mW
Power-on Reset	PR	100ms	100ms	100ms
Power-off Reset	PO	100ms	100ms	100ms
Power-up Time	PT	100ms	100ms	100ms
Power-down Time	PD	100ms	100ms	100ms
Power-on Delay	POD	100ms	100ms	100ms
Power-off Delay	POD	100ms	100ms	100ms
Power-up Delay	POD	100ms	100ms	100ms
Power-down Delay	POD	100ms	100ms	100ms

## Connector Pin Assignment

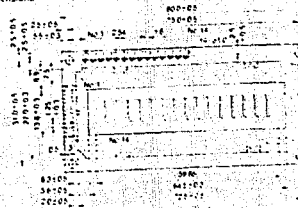
Pin No.	Signal	Function
1	V <sub>DD</sub>	Power Supply
2	GND	Ground
3	V <sub>DD</sub>	Power Supply
4	GND	Ground
5	V <sub>DD</sub>	Power Supply
6	GND	Ground
7	V <sub>DD</sub>	Power Supply
8	GND	Ground
9	V <sub>DD</sub>	Power Supply
10	GND	Ground
11	V <sub>DD</sub>	Power Supply
12	GND	Ground
13	V <sub>DD</sub>	Power Supply
14	GND	Ground
15	V <sub>DD</sub>	Power Supply
16	GND	Ground

AND

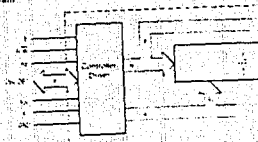
LCD Dot Matrix Modules

16 CHARACTERS

## Dimensional Outline (in millimeters)



## Block Diagram



## Power Supply



Note: The power supply voltage should be 5V ± 5%. The power supply current should be 10mA ± 5%. The power supply ripple should be 10mV ± 5%.

App: 16x1 LCD Drive Logic  
16: 16x1 LCD



# HS116

## 16-Channel Fault Protected CMOS Analog Multiplexer

### GENERAL DESCRIPTION

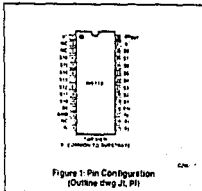
The HS116 is a specially selected CMOS monolithic analog multiplexer, designed as a plug-in replacement for the HS59A and similar devices, but adding fault protection to the standard performance. A unique sense MOSFET switch ensures that an OFF channel never remains OFF when the input exceeds the supply rails by up to ±25% even with the supply voltage at zero. Further, an ON channel will be limited to a throughput of about 15% less than the supply rails, thus affording protection to any following circuitry such as op amps, D/A converters, etc. Cross talk into "good" channels is also prevented.

A binary 2 bit address code together with the Enable input allows selection of any channel or none at all. These 3 inputs are TTL compatible for easy logic interface. The Enable input also facilitates tri-state extension and cascading.

### ORDERING INFORMATION

Part Number	Temperature Range	Package
HS116MJ	55°C to +70°C	28 pin CERDIP
HS116CJ	0°C to +70°C	28 pin CERDIP
HS116DQ	0°C to +70°C	28 pin Plastic DIP

Ceramic package available as special order only (HS116MJC).



# HS116

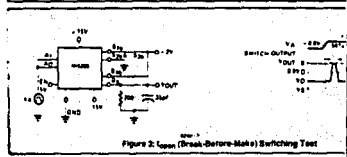
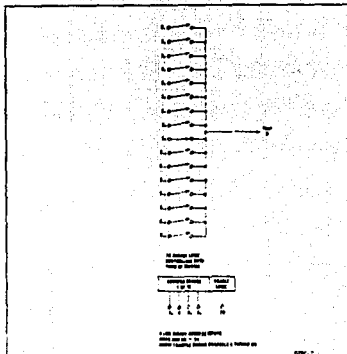
### FEATURES

- All Channels OFF When Power OFF, for Analog Signals Up to ±25V
- Power Supply Quiescent Current Less Than 1mA
- ±12V Analog Signal Range
- No SCR Latchup
- Break-Before-Make Switching
- TTL and CMOS Compatible Probe Control
- Pin Compatible With HS59A
- Any Channel Turns OFF if Input Exceeds Supply Rails By Up to ±25V
- TTL and CMOS Compatible Binary Address and Enable Inputs

### DECODE TRUTH TABLE

A <sub>1</sub>	A <sub>0</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>0</sub>	EN	On Buffer
X	X	X	X	0	NONE
0	0	0	0	1	1
0	0	0	1	1	2
0	0	1	0	1	3
0	0	1	1	1	4
0	1	0	0	1	5
0	1	0	1	1	6
0	1	1	0	1	7
0	1	1	1	1	8
1	0	0	0	1	9
1	0	0	1	1	10
1	0	1	0	1	11
1	0	1	1	1	12
1	1	0	0	1	13
1	1	0	1	1	14
1	1	1	0	1	15
1	1	1	1	1	16

Logic "1" = V<sub>CC</sub> = 24V V<sub>EE</sub> = -24V  
Logic "0" = V<sub>EE</sub> = 0EV



© 1985 by Intel Corporation. All rights reserved. This document is the property of Intel Corporation and its subsidiaries. It contains confidential and proprietary information of Intel Corporation and its subsidiaries. It is intended for use only by those individuals authorized by Intel Corporation to receive it. It is not to be distributed outside the organization.



**MOTOROLA****MC14106B****HEX SCHMITT TRIGGER**

The MC14106B Hex Schmitt trigger is constructed with MOS P channel and N channel enhancement mode devices in a single monolithic structure. These devices and primary cells share the power distribution and/or high speed amplifiers to decrease the MC14106B may be used in place of the MC1406B as a replacement for enhanced noise immunity or to share an already existing maskwork.

- Increased Hysteresis Voltage Over the MC1406B
- Supply Voltage Range = 3.0 Vdc to 18 Vdc
- Capable of Driving Two Low Power TTL Loads or One Low Power Schottky TTL Load at the Rated Temperature Range
- Pin for Pin Replacement for CD40106P and MM74C14
- Can Be Used to Replace the MC1406B or MC14069B

**CMOS SSI**

FOR POWER COMPLEMENTARY MOS

**HEX SCHMITT TRIGGER**

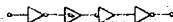
ORDERING INFORMATION  
4 Leads 16 Pin C in +18°C  
MC14106B (Ceramic Package)  
6 Leads 16 Pin C in +18°C  
MC14106B (Plastic Package)  
MC14106B (Ceramic Package)

**MAXIMUM RATINGS\*** (except as indicated to V<sub>DD</sub>)

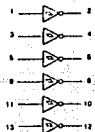
Symbol	Parameter	Value	Unit
V <sub>DD</sub>	DC Supply Voltage	0.3 V to 18.0	V
V <sub>OL</sub> (Max)	Input or Output Voltage (DC or Transient)	0.3 V to V <sub>DD</sub> - 0.5	V
I <sub>OL</sub> (Max)	Input or Output Current (DC or Transient)	15	mA
P <sub>D</sub>	Power Dissipation per Package†	500	mW
T <sub>op</sub>	Storage Temperature	65 to -150	°C
T <sub>J</sub>	Lead Temperature (Solder Reflow)	260	°C

\*Maximum ratings are those to which the device is intended to be subjected for extended periods of time. Stresses above these ratings may result in permanent damage to the device. Maximum ratings are those to which the device is intended to be subjected for extended periods of time. Stresses above these ratings may result in permanent damage to the device. Maximum ratings are those to which the device is intended to be subjected for extended periods of time. Stresses above these ratings may result in permanent damage to the device.

6

**EQUIVALENT CIRCUIT SCHEMATIC  
(1 OF 2) (CIRCUIT SHOWN)**

This device contains protection circuitry to guard against damage due to high static voltages or electric fields. However, precautions should be taken to avoid accumulation of any charge higher than maximum rated voltages to the high impedance circuit. For proper operation, V<sub>DD</sub> and V<sub>SS</sub> should be connected to the large V<sub>DD</sub> & V<sub>SS</sub> of V<sub>DD</sub>. Unused inputs must either be held to an appropriate logic voltage level (e.g., either V<sub>DD</sub> or V<sub>SS</sub>). Unused outputs must be left open.

**LOGIC DIAGRAM**

V<sub>DD</sub> - Pin 14  
V<sub>SS</sub> - Pin 7





Transistores de silicio para señales pequeñas encapsulados en SOT-54

ESPECIFICACIONES			VALORES					CARACTERÍSTICAS			
TIPO	Polaridad	Encapsulado	V <sub>CEO</sub> V	V <sub>CE0</sub> V	I <sub>C</sub> A	P <sub>tot</sub> W	T <sub>amb</sub> C	f <sub>HE</sub> min max	I <sub>C</sub> mA	f <sub>trp</sub> dB	f <sub>T</sub> tip MHz
BC177 BC177/16 BC177/25	PNP	variante T0 92(2) (SOT 54)	50 <sup>II</sup>	45	0.5	0.8	25	100 600 100 250 150 100	100		150
BC178 BC178 16 BC178 25	PNP	variante T0 92(2) (SOT 54)	30 <sup>II</sup>	25	0.5	0.8	25	100 600 100 250 150 100	100		150
BC337 BC337/16 BC337/25	NPN	variante T0 92(2) (SOT 54)	50 <sup>II</sup>	45	0.5	0.8	25	100 600 100 250 160 400	100		200
BC338 BC338/16 BC338/25	NPN	variante T0 92(2) (SOT 54)	30 <sup>II</sup>	25	0.5	0.8	25	100 600 100 250 160 400	100		200
BC546 BC547 BC548 BC548A,B BC547A,B,C BC548A,B,C	NPN	variante T0 92(2) (SOT 54)	80 50 30 80 50 30	65 45 30 65 45 30	0.1	0.5	25	110 450 100 800 110 800 A 110 220 B 200 450 C 420 800	2	2	300
BC549 BC550 BC549 B,C BC550B,C	NPN	variante T0 92(2) (SOT 54)	30 50 30 50	30 45 30 45	0.1	0.5	25	200 850 200 850 B 200 450 C 420 800	2	1.4	300
BC556 BC557 BC558 BC558A BC557A,B BC558A,B	PNP	variante T0 92(2) (SOT 54)	80 50 30 80 50 30	65 45 30 65 45 30	0.1	0.5	25	75 250 75 475 75 475 A 125 250 B 220 475	2	2	150
BC559 BC560 BC559A,B BC560A,B	PNP	variante T0 92(2) (SOT 54)	30 50 30 50	30 45 30 45	0.1	0.5	25	125 475 125 475 A 125 250 B 220 475	2	1	150

II V<sub>CEs</sub>



Electrónica, S.A. de CV. Suministra a la Industria Electrónica Mexicana los semiconductores que necesita para continuar con su firme y acelerado desarrollo.