

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN ELECTROESTIMULADOR POR  
ACUPUNTURA PARA LA REHABILITACIÓN DE PACIENTES  
DISCAPACITADOS**

**WILLIAM FERNANDO MARTÍNEZ RAMÍREZ  
HAYBER ARLEY FERRER SANTANA**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCARAMANGA UNAB  
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICO-MECÁNICAS  
ESCUELA INGENIERÍA MECATRÓNICA  
2007**



**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN ELECTROESTIMULADOR POR  
ACUPUNTURA PARA LA REHABILITACIÓN DE PACIENTES  
DISCAPACITADOS**

**WILLIAM FERNANDO MARTÍNEZ RAMÍREZ  
HAYBER ARLEY FERRER SANTANA**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCARAMANGA UNAB  
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICO-MECÁNICAS  
ESCUELA INGENIERÍA MECATRÓNICA  
2007**

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN ELECTROESTIMULADOR POR  
ACUPUNTURA PARA LA REHABILITACIÓN DE PACIENTES  
DISCAPACITADOS**

**WILLIAM FERNANDO MARTÍNEZ RAMÍREZ  
HAYBER ARLEY FERRER SANTANA**

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de  
Ingenieros Mecatrónicos

**Director: Ph.D. Dr. Sc. Ing. ANTONIO FAUSTINO MUÑOZ MONER**

**Asesor: ING. ESP. (C) EDGAR MAURICIO JAIMES MORENO**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCARAMANGA UNAB  
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICO-MECÁNICAS  
ESCUELA INGENIERÍA MECATRÓNICA  
2007**

**Nota de Aceptación**

---

---

**Jurado**

---

**Jurado**

---

**Bucaramanga, 1 de Diciembre de 2007**

*Dedicado a aquellos que no  
Están en cuerpo presente a mí  
Lado pero que intervinieron en  
Lo que hoy SOY*

**HAFS**

*La vida no es un pasillo recto y fácil  
por el que viajamos libres y sin obstáculos,  
sino un laberinto de pasajes  
en el que debemos hallar nuestro camino,  
perdidos y confundidos, una y otra vez  
atrapados en un callejón sin salida.*

*Pero, si tenemos fe,  
Dios siempre nos abrirá una puerta  
que aunque tal vez no sea  
la que queríamos,  
al final será  
buena para nosotros.*

**A. J. Cronic**

**HAFS**

## **AGRADECIMIENTOS**

Después de mucho meditar y buscar palabras donde no las tenía, simplemente deseo expresar mi más profundo y sincero agradecimiento a todos aquellos compañeros y amigos, que me tendieron la mano en los momentos difíciles, y colaboraron a que paso a paso, muy lentamente, pudiera hoy ver el fruto de mi trabajo durante toda la carrera. Se que todos y cada uno de ellos conocen lo agradecido que me encuentro, y comprometido a retribuirles la ayuda prestada.

Se que no es necesario nombrar a nadie, y mucho menos empezar a relatar las cosas que he vivido en estos últimos años, pero quiero hacer un agradecimiento especial a mi compañero, ya que su colaboración fue muy importante para poder culminar nuestro paso por la universidad.

Agradezco también la contribución de los docentes, colaboradores, selección voleibol UNAB, amigos, a mi familia y esas personas que en algún momento marcaron mi vida y ahora se encuentra muy lejos y aunque hacen falta el tiempo no tiene regreso; a Dios por permitirme y ayudarme a terminar un complicado camino, pero empezar una nueva y promisoría vida.

Por ultimo un agradeciendo a mi mismo, por empezar a tomar las decisiones correctas, y evitar continuar errando al tomarlas; aunque al final, aun no se si realmente son correcta, o para quien son correctas.

**HAFS**



## TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN .....	7
OBJETIVOS .....	9
OBJETIVO GENERAL.....	9
OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	9
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN .....	10
1.1 Necesidades.....	6
2. ESTADO DEL ARTE.....	7
3. DISEÑO METODOLÓGICO .....	8
4. MARCO TEÓRICO .....	9
4.1. ELECTROESTIMULACIÓN .....	9
4.1.1. Corrientes de Electroestimulación .....	9
4.1.2. Beneficios Añadidos .....	16
4.1.3. Ventajas de la Electroestimulación.....	17
4.2. ACUPUNTURA.....	18
4.2.1. Técnicas.....	20
4.2.2. Canales.....	21
4.2.3. Nomenclatura.....	22
4.2.4. Puntos Extraordinarios.....	23
4.2.5. Cuáles Son Los Efectos Secundarios.....	27
4.2.6. Técnicas Terapéuticas Con Agujas De Acupuntura.....	28
4.2.7. Tipos de agujas de acupuntura.....	28
4.2.8. Agujas Intradermales.....	29
4.2.9. Cómo Sabemos Si Funciona.....	29
4.3. ELECTROESTIMULADOR POR ACUPUNTURA .....	30
4.3.1. Accidentes Galvanicos.....	30
4.3.2. Procedimiento de Aplicación.....	31

4.3.3.	Contraindicaciones.....	31
4.4.	CORRIENTE ELÉCTRICA Y EL CUERPO HUMANO.....	32
4.4.1.	Efectos fisiológicos de la electricidad sobre el cuerpo humano.....	32
4.4.2.	Principales factores que influyen en el efecto eléctrico.....	37
4.4.3.	Cálculos.....	42
4.5.	FUNCIÓN, DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LAS DIFERENTES SEÑALES.....	43
4.5.1.	Señal Cuadrada Monofásica.....	43
4.5.2.	Señal Cuadrada de Forma Bifásica.....	44
4.5.3.	Señal Triangular Monofásica.....	45
4.5.4.	Señal Triangular de Forma Bifásica.....	46
4.5.5.	Señal de Pulsos Aislados.....	47
4.5.6.	Señal de Pulsos Mantenidos.....	48
4.5.7.	Señal de Trenes Pulsos.....	49
4.6.	DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS UTILIZADOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL ELECTROESTIMULADOR.....	50
4.6.1.	Microcontrolador Motorola MC68HC08GP32.....	51
4.6.2.	Oscilador.....	51
4.6.3.	LCD:.....	52
4.6.4.	Teclado Matricial.....	58
4.6.5.	Conversor Digital Análogo.....	59
4.6.6.	Amplificador Operacional.....	60
4.7.	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO.....	61
4.7.1.	Alimentación del Sistema.....	61
4.7.2.	Circuito del Sistema.....	61
4.7.3.	Partes del Sistema.....	66
4.7.4.	Pruebas del Sistema.....	69
5.	CONCLUSIONES.....	71
6.	BIBLIOGRAFIA.....	72

7. ANEXO A.....74

## TABLA DE FIGURAS

Fig. 1.	Onda Triangular.....	11
Fig. 2.	Onda Cuadrada .....	11
Fig. 3.	Modelo de onda galvánica.....	13
Fig. 4.	Ejemplos de ondas interrumpidas.....	14
Fig. 5.	Ejemplos de ondas alternas a diferentes frecuencias.....	14
Fig. 6.	Ejemplos de ondas bibásicas. ....	15
Fig. 7.	Modelo de onda interrumpida alterna. ....	15
Fig. 8.	Modelo de onda modulada .....	15
Fig. 9.	Señal portadora .....	16
Fig. 10.	Señal con Amplitud Modulada.....	16
Fig. 11.	Señal con Frecuencia Modulada.....	16
Fig. 12.	Puntos de la cabeza y cara .....	23
Fig. 13.	Puntos de la Espalda .....	24
Fig. 14.	Puntos de la mano .....	25
Fig. 15.	Puntosde la Pierna y el Pie .....	26
Fig. 16.	Tipos de agujas de acupuntura.....	28
Fig. 17.	Efecto sobre la Piel .....	34
Fig. 18.	Intensidad y Posible efecto sobre el cuerpo.....	35
Fig. 19.	Efecto en el organismo de la Corriente Alterna.....	36
Fig. 20.	Efecto en el organismo de la Corriente Continua.....	36
Fig. 21.	Impedancia del Cuerpo en C.A. en una superficie de 50 - 100 cm <sup>2</sup> .....	40
Fig. 22.	Impedancia del Cuerpo en C.C. en una superficie de 50 - 100 cm <sup>2</sup> .....	40
Fig. 23.	Impedancia del Cuerpo en funcion de la superficie de contacto .....	40
Fig. 24.	Impedancia total en funcion de la tensión y la Frecuencia .....	41
Fig. 25.	Resistencia del Cuerpo Humano medida en ohmios .....	43
Fig. 26.	Señal Cuadrada Monofásica .....	44

Fig. 27.	Diagrama de Flujo de una Cuadrada Monofásica .....	44
Fig. 28.	Señal Cuadrada Bifásica.....	45
Fig. 29.	Diagrama de Flujo de una Cuadrada Bifásica.....	45
Fig. 30.	Señal Triangular Monofásica.....	46
Fig. 31.	Diagrama de Flujo de una Triangular Monofásica.....	46
Fig. 32.	Señal Triangular Bifásica .....	47
Fig. 33.	Diagrama de Flujo de una Triangular Bifásica .....	47
Fig. 34.	Pulsos Aislados con Señal Cuadrada Monofásica .....	48
Fig. 35.	Diagrama de Flujo de Pulsos Aislados.....	48
Fig. 36.	Pulsos Mantenidos con Señal Triangular Monofásica.....	49
Fig. 37.	Diagrama de Flujo de Pulsos Mantenidos.....	49
Fig. 38.	Trenes de Pulso con Señal Cuadrada Monofásica .....	50
Fig. 39.	Diagrama de Flujo de Trenes de Pulso .....	50
Fig. 40.	Microcontrolador Motorola MC68HC08GP32.....	51
Fig. 41.	Circuito Oscilador del Microcontrolador .....	52
Fig. 42.	Descripción del LCD .....	53
Fig. 43.	Orden del Menu de Tipo de Señal .....	57
Fig. 44.	Orden del Menu Modo de Aplicación .....	58
Fig. 45.	Orden del Menu de Solicitud de tiempos .....	58
Fig. 46.	Teclado Matricial .....	59
Fig. 47.	Convertor Digital-Análogo .....	60
Fig. 48.	Diagrama de conexiones del Amplificador Operacional.....	60
Fig. 49.	Conexión típica del Amplificador Operacional .....	60
Fig. 50.	Fuente Reguladora de Voltaje.....	61
Fig. 51.	Alimentación del Sistema, con la Fuente Reguladora.....	61
Fig. 52.	Diagrama de Bloques del Circuito.....	62
Fig. 53.	Diagrama de Bloques del Microcontrolador .....	62
Fig. 54.	Esquema del Circuito Microcontrolador – Teclado - LCD .....	63
Fig. 55.	Esquema del Circuito Convertor – Amplificador .....	64

Fig. 56.	Circuito Impreso Microcontrolador – Teclado - LCD .....	65
Fig. 57.	Circuito Impreso Conversor – Amplificador .....	66
Fig. 58.	Dispositivo.....	66
Fig. 59.	Vista Frontal.....	66
Fig. 60.	Vista Posterior.....	67
Fig. 61.	Vista Superior.....	68
Fig. 62.	Medidores .....	69

## INTRODUCCIÓN

La electroestimulación es la técnica que utiliza corriente eléctrica controlada en tiempo, forma y modo de aplicación, para provocar contracciones musculares, con el fin de prevenir, entrenar o tratar músculos; buscando un propósito terapéutico, de recuperación, analgésico y/o gimnasia pasiva.

Dicha técnica se realiza por medio de un dispositivo llamado electroestimulador, el cual produce una serie de impulsos eléctricos con suficiente energía para generar una excitación en las células musculares y/o nerviosas y de esta forma modificar su estado habitual.

Aunque los avances tecnológicos en el área de la biomédica son muy altos, existen en el mercado muchos equipos análogos, los cuales no permiten un ajuste preciso de tiempos de pulso y reposo, al momento de controlar las frecuencias, lo que no impediría una correcta utilización de la electroestimulación y podría en algunos casos causar lesiones.

Además, la mayoría de los equipos existentes poseen electrodos como medio de transmisión de los impulsos. Al existir un contacto con la piel, se pueden presentar irritaciones o quemaduras, (estas quemaduras pueden ser químicas, por calor eléctrico, etcétera), las cuales pueden ser superficiales y en algunos casos alcanza la dermis. La quemadura se manifiesta por destrucción celular provocada por la alteración del ambiente.

Mediante el uso de la electrónica digital, y aplicando en la medicina, se diseñó e implementó un prototipo biomédico de electroestimulador digital por medio de

Acupuntura, que cumple con todas las necesidades a la hora de realizar tratamientos de electroterapia ya que actúa directamente en el músculo tratado. Este prototipo digital permite controlar las frecuencias y ajustar exactamente los tiempos de pulso y reposo del impulso, lo que permitiría una mejor utilización del dispositivo y por lo tanto una mejor ejecución del tratamiento. Además, como el medio por el que se transmite cambio, y el contacto con la piel se redujo sustanciosamente, las irritaciones y quemaduras superficiales disminuyen.

El desarrollo de este proyecto esta basado en el libro ELECTROTERAPIA EN FISIOTERAPIA del doctor JOSÉ MARIA RODRÍGUEZ MARTÍN, en el cual se describen las características técnicas que debe tener un aparato para electroterapia, las cuales fueron tenidas en cuenta a la hora de hacer el diseño del prototipo.



## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Diseñar, construir y realizar pruebas de un circuito de control electrónico para un sistema de electroestimulación y acupuntura destinado a la rehabilitación de pacientes discapacitados.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Diseñar el circuito de control electrónico para el sistema de electroestimulación y acupuntura.

Desarrollar los planos de los circuitos electrónicos del sistema de electroestimulación y acupuntura.

Seleccionar los componentes electrónicos para la realización del circuito diseñado.

Realizar pruebas por simulación para evaluar la efectividad del electroestimulador con acupuntura.

Montar el circuito en tarjeta impresa y realizar experimentos de laboratorio.

Desarrollar el diseño mecánico y los planos del instrumento para rehabilitación por electroestimulación y acupuntura.

## 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN

La electroestimulación muscular es una rama fisioterapéutica en la cual se hace pasar electricidad por el cuerpo humano. La electricidad provoca el fenómeno natural de la excitación del nervio a lo que las fibras musculares responden con una unidad de trabajo, una sacudida (que sumada a otras, a una cierta frecuencia, provocará una contracción). La electroestimulación muscular es pues un medio de imponer a las fibras musculares un trabajo, y éstas progresan gracias al trabajo que realizan.

Únicamente haciendo trabajar un máximo número de fibras se logran resultados, si sólo trabajan las fibras de la superficie, los resultados serán superficiales. Hacer trabajar el máximo número de fibras es la principal finalidad de la electroestimulación muscular. Para ello hacen falta aparatos potentes, capaces de aumentar la intensidad y reclutar el mayor número de fibras.

Ahora bien, debido al auge y buenos resultados en la actualidad de la medicina tradicional china; y entre esta el método terapéutico Acupuntura; se quiere entrelazar estas 2 practicas y de esta forma estimular mayor numero de fibras musculares ya que la corriente transita por la aguja.

Esta terapia trabaja con agujas bien esterilizadas o mejor con agujas desechables a uso único que el médico hace variar la energía. La manera de picar está bien determinada y en principio debe picar siempre del Yang hacia el Yin, de arriba hacia abajo, de la izquierda hacia la derecha, de adelante hacia atrás y penetrando la aguja más o menos profundamente según la enfermedad.

## 1.1 Necesidades

Mayor y más rápido aumento del tono muscular localizado que otro sistema de entrenamiento (glúteos, abdominales, muslos,...)

Mayor volumen muscular que con el entrenamiento con sobrecargas

Más aumento de fuerza explosiva que el entrenamiento voluntario

Excelente masaje y perfecta recuperación en lesiones (piernas pesadas, contracturas,...)

Regeneración y oxigenación de tejidos aumentada por cinco

Excelente ayuda para terapias de disminución de porcentaje de grasa

Desaparición o reducción del dolor (cervicalgias, lumbalgias, epicondilitis,...)

Aumento de la resistencia local por transformación de fibras intermedias en lentas

Disminución de lesiones y de fatiga.

## 2. ESTADO DEL ARTE

En la actualidad existen empresas internacionales que han basado sus investigaciones en la rama de la electroestimulación, permitiendo así una variedad de dispositivos para prevenir, entrenar o tratar los músculos, buscando una finalidad terapéutica o una mejora de su rendimiento.

Con base a ciertas investigaciones se pudo adquirir conocimientos de algunas empresas colombianas cuya misión es fabricar y comercializar equipos biomédicos; una de estas es PRISMATEC LTDA., la cual es la encargada de crear equipos de bioelectroestimulación, gimnasia pasiva, ionización, alta frecuencia, ultrasonido, dermolipoteraia, entre otros.

Indudablemente en el comercio se consiguen electroestimuladores creados por empresas norteamericanas, Europeas, Asiáticas; uno de estos casos CEFAR, compañía sueca dedicada a la electroterapia desde hace más de 30 años.

Como es lógico esta empresa posee estudios suficientes como la importancia del tipo de onda, de su duración, de su amplitud y de su frecuencia, esencial a la hora de obtener resultados satisfactorios con la electroestimulación y garantizar la seguridad en su utilización.

El diseño y desarrollo de este prototipo posee un compromiso institucional, ya que pretende demostrar que a nivel nacional podemos construir y desarrollar dispositivos tecnológicos a menor costo pero manteniendo especificaciones técnicas existentes.

### **3. DISEÑO METODOLÓGICO**

Elaborar una lista de las tecnologías que hay en el mercado, para obtener una solución a nuestro problema.

Averiguar las frecuencias que soporta el cuerpo humano, y cual es diferencia al variar dicha frecuencia.

Averiguar sobre electroestimuladores existentes en el mercado con fines terapéuticos.

Formular alternativas de solución y escoger la que más se ajuste al diseño; teniendo en cuenta la interacción hombre-dispositivo.

Diseñar una simulación del circuito, que nos permita verificar su correcto funcionamiento.

Realizar planos técnicos para la construcción del dispositivo.

Construir el dispositivo con los materiales adecuados.

Realizar pruebas finales al electro estimulador para verificar que el funcionamiento sea correcto

## 4. MARCO TEÓRICO

### 4.1. ELECTROESTIMULACIÓN

La electroestimulación es una técnica cuya función es causar una contracción muscular por medio de una corriente eléctrica, la finalidad de esta estimulación es acoplar los músculos, ya sea como método para la prevención, ejercitación, o como una finalidad terapéutica o mejora en el rendimiento de los mismos.

Esta técnica ha sido utilizada con frecuencia y desde hace mucho tiempo; además de ser más manejada en el campo donde los pacientes se encuentran en rehabilitación; debido a que aporta significativos beneficios en las áreas de la prevención y el tratamiento de la atrofia muscular, la potenciación, las contracturas, el aumento de la fuerza para la estabilidad articular, la profilaxis de la trombosis, y la estimulación de los músculos paralizados, entre otros, y también para el tratamiento del dolor.

“En las personas normalmente inervadas (todas excepto los parapléjicos y tetrapléjicos) el impulso eléctrico no estimula directamente la fibra muscular, sino que lo hace a través del nervio motor (motoneuronas), que sólo necesitará una cantidad muy pequeña de energía eléctrica, para conseguir un estímulo eficaz.”<sup>1</sup>

**4.1.1. Corrientes de Electroestimulación.** Son aquellas corrientes eléctricas que son capaces de generar actividad muscular, dicho en otros términos es una corriente que insita a los músculos a contraerse.

Las corrientes terapéuticas son clasificadas según su frecuencia en:

---

<sup>1</sup> <http://miguelef.iespana.es/miguel.htm>

Corrientes de baja frecuencia, estas frecuencias no superan los 800 Hz.

Las Corrientes de frecuencia media que oscilan entre 800 y 5.000 Hz. Esta frecuencia es utilizada por las ondas de interferencia y las corrientes rusas\*.

Corrientes de alta frecuencia, cuya frecuencia supera los 5.000 Hz. Dejan de poseer efecto excitomotriz en forma gradual cuando se acercan a 10.000 Hz.

Parte de las corrientes de baja frecuencia son las corrientes dinámicas que se caracterizan por ser corrientes de electroestimulación muscular. Las corrientes eléctricas actúan directamente sobre la membrana celular del músculo, despolarizándola, activando de esta manera el mecanismo contráctil. El efecto más importante es la capacidad de producir excitación neuromuscular. Independientemente del tipo de corriente utilizada, para poder producir una contracción muscular, debe cumplir ciertos requisitos:

- Intensidad: la intensidad del estímulo debe alcanzar el umbral de despolarización de la fibra nerviosa. Un estímulo mayor a este valor no hará que la contracción de esa fibra sea más vigorosa, pero si aumentará la fuerza de contracción del músculo estimulado por mayor reclutamiento de unidades motoras.
- Tiempo de duración del impulso: el impulso de estimulación debe tener la duración suficiente para despolarizar la membrana, y debe tener un ritmo de ascenso suficiente.
- Frecuencia: los fenómenos de excitación neuromuscular aumentan a medida que aumenta la frecuencia de corriente empleada, hasta un valor determinado (+/- 2500 Hz.), a partir de donde la respuesta va disminuyendo.

---

\* Corrientes Rusas, el objetivo de estas corrientes es buscar la potenciación muscular reduciendo al máximo las molestias al paciente.

El sistema nervioso genera pulsos o picos de corriente triangulares normalmente bifásicos. Los estimuladores de baja frecuencia pueden generar estos pulsos, pero debido a su poca duración y su baja energía es difícil invadir los tejidos con suficiente potencia como para conseguir las respuestas pretendidas. Por otra parte, los pulsos eléctricos aplicados desde el exterior podemos regularlos en intensidad, voltaje, duración, forma, etcétera. Así provocaremos respuestas diferentes al sistema nervioso, así como analizar determinados fenómenos fisiológicos. Normalmente, se juega con tres parámetros básicos:

- Amplitud, la cual alcanza un máximo de 80 mA.
- Tiempo del pulso, que oscila entre 0,05 ms y 1000 ms
- Forma, que puede ser cuadrangular (Ascenso con caída brusca) o triangular (Ascenso progresivo con caída brusca).

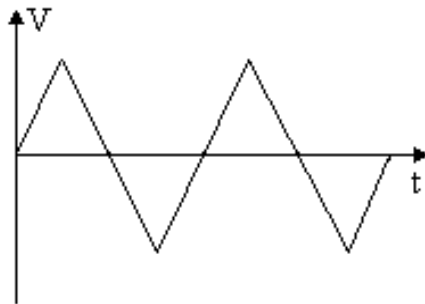


Fig. 1. Onda Triangular

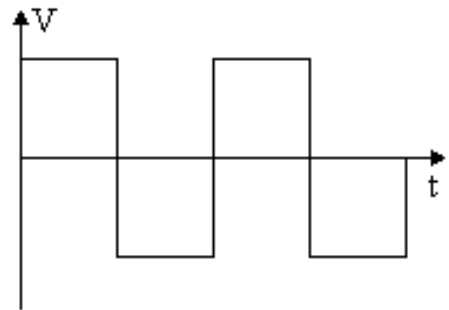


Fig. 2. Onda Cuadrada



En la electroterapia podemos clasificar las corrientes según metodología, el efecto que genera, la frecuencia y la forma.

**Según metodología.** Todas las corrientes se aplican de acuerdo a cuatro métodos regulables en los dispositivos existentes, estos son:

- Pulsos aislados
- En trenes de pulsos o ráfagas
- Frecuencia Constante
- Modulaciones o cambios constantes y repetitivos

**Según los efectos generados.** Al aplicar electroterapia en cualquiera de sus dimensiones, buscamos cambios o efectos de tipo:

- Bioquímicos
- Estímulo sensitivo en fibra nerviosa
- Estímulo motor en fibra nerviosa o fibra muscular
- Aporte energético (el organismo absorbe la energía y la aprovecha en cambios metabólicos).

**Según las Frecuencias.**

- Frecuencia Baja
- Frecuencia Media
- Frecuencia Baja

**Según las formas.** Existen diferentes formas de onda las más utilizadas en la medicina:

- Galvánica: “La corriente galvánica es una corriente continua, de valor constante, en el tiempo útil.”<sup>2</sup> Se encuentra constituida por tres intervalos:

- a) Tiempo de establecimiento: Es el tiempo que tarda la corriente en establecer su valor máximo. La corriente empieza a circular y su valor va aumentando poco a poco.

- b) Régimen permanente: En este intervalo de tiempo, la corriente ha alcanzado su valor máximo y permanece constante.

- c) Tiempo de caída: Es el tiempo que demora la corriente en alcanzar su valor de 0V, desde el momento en que se decidió terminar con la aplicación.

Esta corriente es muy utilizada en la lontoforesis, introducción de medicamentos a través de la piel.<sup>3</sup> La galvánica tiene polaridad, es única en su grupo y se destina a provocar cambios electroquímicos en el organismo.

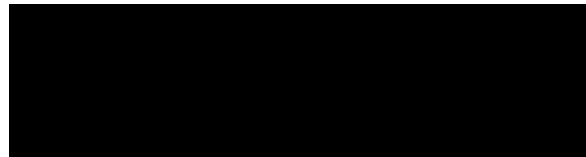


Fig. 3. Modelo de onda galvánica.

- Interrumpidas galvánicas: Son aquellas ondas que se encuentran conformadas por pulsos positivos o negativos, pero en mismo sentido, poseen polaridad. Los pulsos pueden ser de diferentes formas y frecuencias, así como agrupados en trenes, impulsos aislados, modulados o frecuencia fija.

---

<sup>2</sup> [http://www.demox.com.ar/corr\\_galvanicas/corrientes\\_galvanicas.htm](http://www.demox.com.ar/corr_galvanicas/corrientes_galvanicas.htm)

<sup>3</sup> <http://www.tece.cu/electroestimuladores/corrientes/galvanica.htm>

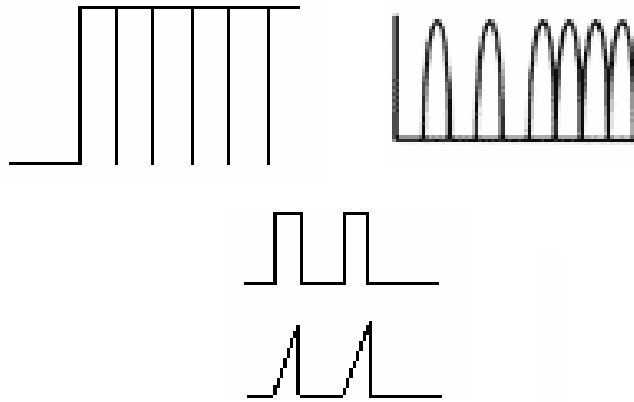


Fig. 4. Ejemplos de ondas interrumpidas.

- Alternas: Reciben el nombre de alternas porque su característica fundamental se manifiesta en el constante cambio de polaridad, en consecuencia, no poseen polaridad. La forma más característica es la sinusoidal perfecta de mayor o menor frecuencia. Existen otras corrientes cuya forma no es la típica sinusoidal, denominadas bifásicas.

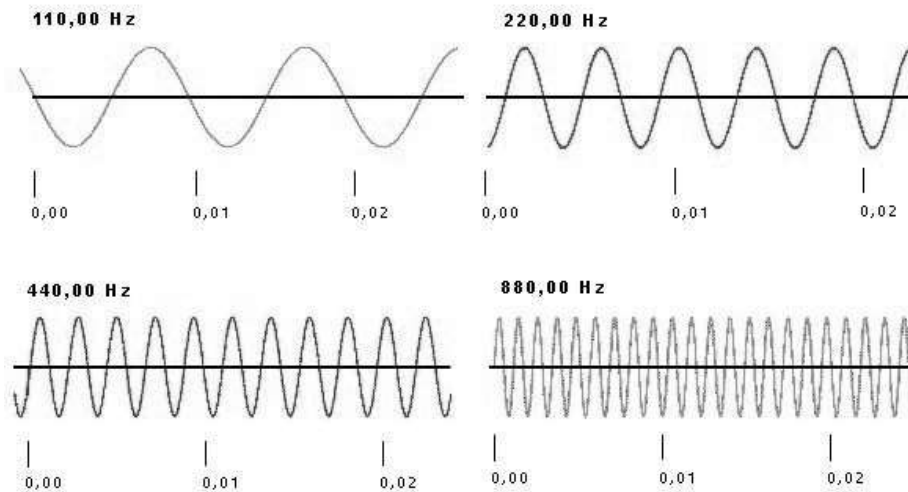


Fig. 5. Ejemplos de ondas alternas a diferentes frecuencias.<sup>4</sup>

<sup>4</sup> Imagen tomada de <http://autoaudio.blog.com.es/>

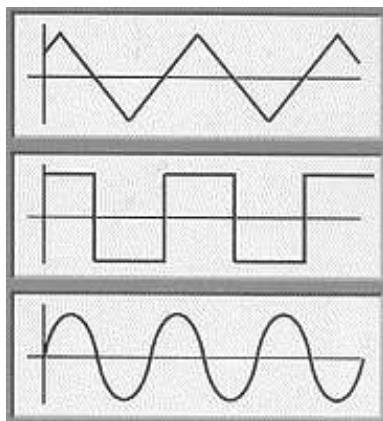


Fig. 6. Ejemplos de ondas básicas.<sup>5</sup>

- Interrumpidas alternas: En este grupo entran un gran conjunto de corrientes no bien definidas y difíciles de clasificar, pero que normalmente consisten en aplicar interrupciones en una alterna para formar pequeñas ráfagas o paquetes denominados pulsos. Es muy frecuente encontrar estos pequeños paquetes de alterna en magnetoterapia, alta frecuencia.

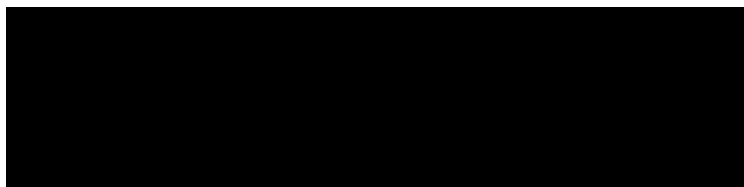


Fig. 7. Modelo de onda interrumpida alterna.

- Moduladas: Las moduladas son corrientes que están sufriendo cambios constantes durante toda la sesión. Pueden pertenecer al grupo de las interrumpidas galvánicas o al de las alternas. Las modulaciones más habituales son las de amplitud, modulaciones en frecuencia y modulaciones en amplitud.

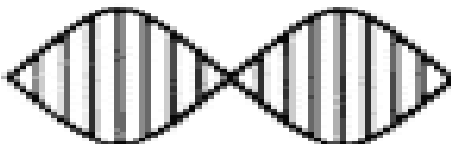


Fig. 8. Modelo de onda modulada

<sup>5</sup> Imagen de <http://www.monografias.com/trabajos15/reparacion-pc/reparacion-pc.shtml>

Por lo que se refiere a la forma de la modulación, en media frecuencia las más habituales son la sinusoidal y la cuadrangular.

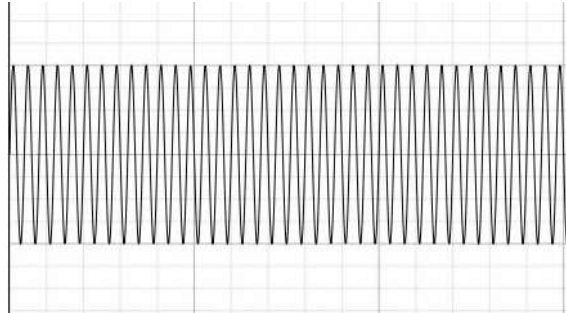


Fig. 9. Señal portadora

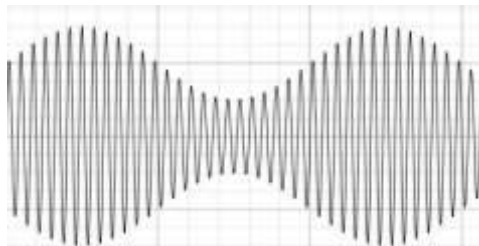


Fig. 10. Señal con Amplitud Modulada

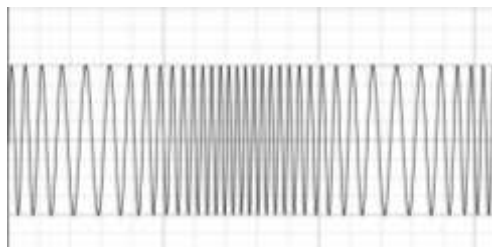


Fig. 11. Señal con Frecuencia Modulada

**4.1.2. Beneficios Añadidos.** Las terapias de electroestimulación traen consigo consecuencias benéficas para el paciente, las cuales se presentan aca:

Mayores ganancias de tono muscular por el mayor reclutamiento de motoneuronas  
Incrementos de volumen muscular por la mayor intensidad que se aplica desde el inicio del programa.

Movilización de los ácidos grasos gracias al aumento del flujo sanguíneo localizado.

Mayor regeneración tisular de gran ayuda en el caso de artrosis, artritis y/o osteoporosis Facilitar la localización muscular y el progreso por las sensaciones que se reciben a través de la EEM. Bio-Feed Back indispensable para la propiocepción.

Acelerar los procesos de recuperación en caso de lesiones y/o después de actividades fatigantes por la cómoda reducción del ácido láctico y la posterior recuperación de los microtraumatismos intramusculares provocados por el entrenamiento (deportivo y físico) voluntario y/o por el inducido por la EEM.

**4.1.3. Ventajas de la Electroestimulación<sup>6</sup>.** Las siguientes son las ventajas de la electroestimulación.

Consigue una excelente unión con todas las actividades (cardiovasculares, de tono, de hipertrofia, de relajación, etc.)

Acelera los logros (disminución del porcentaje de grasa, aumento de tono, incremento del volumen muscular, aumento de la fuerza, etc.)

Incrementa la motivación y rentabiliza el tiempo

Permite seguir el programa en casa y facilita la regularidad por posibilitar el seguimiento sin la obligatoriedad de asistir continuamente al Centro.

Posibilita su aplicación en cualquier momento

Ataca los puntos débiles con nueva tecnología y permite alternativas eficaces al entrenamiento (deportivo y físico) clásico

Evita, elimina y cura el dolor articular

Proporciona una excelente regeneración tisular sin fatiga

Facilita incrementar la carga de entrenamiento (deportivo y físico) sin provocar sobreentrenamiento

Reforzamiento muscular previo

Aumenta sin traumas el flujo sanguíneo, facilita la restauración de los tejidos y permite seguir con un entrenamiento (deportivo y físico) voluntario más intenso

---

<sup>6</sup> [www.entrenamientos.org/article69.html](http://www.entrenamientos.org/article69.html)

Hace posible un trabajo de fuerza sin involucrar las articulaciones que revertirá en mantener su “capital óseo-muscular”

Facilita la propiocepción muscular

Al sumar el trabajo cardiovascular al de EEM los resultados son mayores y en menos tiempo

La EEM facilita la localización, propiocepción y trabajo de los grupos musculares que interesa

La EEM es excelente como drenaje linfático al presionar las estructuras vasculares por sacudidas musculares sucesivas

Rentabilizar el tiempo al realizar al mismo tiempo la actividad voluntaria y de EEM

Evitar sobrecargar las articulaciones mientras se mejora la fuerza

Es un excelente aliado para la recuperación después de sesiones intensas, para solucionar contracturas y otras lesiones debidas al sobreentrenamiento (deportivo y físico)

## **4.2. ACUPUNTURA**

En la acupuntura, los instrumentos de trabajo son agujas de formas y tamaños distintos, generalmente de acero, aunque también pueden ser de metales preciosos, a los que se atribuyen distintos efectos terapéuticos: se dice, por ejemplo, que el oro tiene efecto estimulante, mientras que la plata tiene poder sedante.

Las agujas utilizadas hoy día en la acupuntura son de metal, generalmente de acero, aunque pueden también ser de oro, de plata o de otros metales. Merece la pena recordar que en tiempos remotos los instrumentos utilizados en la acupuntura eran de piedra o de madera. Al margen del metal empleado, las agujas, aun presentando distintas formas, constan esencialmente de un palito fino que termina por un extremo en punta afilada y por el otro en un refuerzo que facilita la

manipulación. Las agujas utilizadas corrientemente son filiformes, en "flor de ciruelo", etc. Las agujas filiformes tienen una longitud y un diámetro variables: de 1,2 cm. a 12 cm. de longitud y de  $\frac{1}{4}$  de mm a medio milímetro de diámetro. La aguja en "flor de ciruelo" está constituida por 5-7 agujas reunidas en un único soporte, del que arranca un palito largo que hace las veces de empuñadura. Hace relativamente poco tiempo ha sido también introducido el uso de la electroacupuntura, que consiste en aplicar una corriente eléctrica a la aguja, una vez que ésta ha sido introducida en la piel.

La aplicación de la aguja requiere gran habilidad, necesaria sobre todo para evitar que el paciente sienta un dolor excesivo, que tendría efectos negativos sobre el resultado terapéutico. La colocación de la aguja puede seguir distintas direcciones (perpendicular, con un ángulo de 45, (casi horizontal) en función del punto elegido para la intervención y de la naturaleza de la enfermedad. Por cuanto respecta a la profundidad a la que debe introducirse la aguja, depende de la región anatómica en la que se realice la acupuntura y de las reacciones del paciente. En los puntos situados en las cuatro extremidades, la profundidad que puede alcanzarse es del orden de 1-3 centímetros, o más, como es el caso del punto 36 del canal del estómago, situado aproximadamente a un dedo (de ancho) de la cresta anterior de la tibia; en este punto la profundidad puede variar de 2,5 a 5 centímetros. Estos mismos valores pueden alcanzarse en la región lumbosacra, mientras que en la cabeza y en la cara, donde las masas musculares son delgadas, las aplicaciones deben ser muy superficiales.

El efecto de excitación o de depresión en el punto de aplicación puede conseguirse mediante las oportunas manipulaciones de la aguja aplicada y gracias a la experiencia del acupuntor: bajar o levantar la aguja, torcerla, hacerla vibrar, etc., son operaciones que requieren una enorme sensibilidad y sobre todo una seguridad total en relación al resultado que se desea obtener, según la enfermedad o el síntoma sobre el que se pretende actuar. La aplicación de la aguja puede ser muy rápida, pero también puede durar varios minutos o incluso horas. En la práctica moderna, sobre todo occidental, caracterizada la mayor parte



de las veces por connotaciones especulativas y, en cualquier caso, forzada por el ritmo acelerado de la vida, se da preferencia a la acupuntura rápida, que no obstante requiere muchas veces una aplicación profunda de la aguja.

Cuando se recurre a la aguja "en flor de ciruelo", la técnica de aplicación no es la introducción de agujas, sino la percusión de determinadas superficies del cuerpo o de canales usando un instrumento a modo de martillito. La utilización de la aguja "en flor de ciruelo" halla amplia aplicación, ya que básicamente tiene las mismas indicaciones que el empleo de la aguja filiforme. En todos los casos, la aplicación de la acupuntura requiere una esterilización perfecta tanto de los instrumentos usados como de las partes en las cuales van a introducirse las agujas. Además, es necesario que el paciente adopte la postura más idónea, no sólo para permitir al operador un acercamiento más fácil a la zona que se ha de tratar, sino sobre todo para obtener el mayor grado de relajación posible, condición que se cuenta entre las más importantes para evitar el dolor e inconvenientes como rotura de la aguja, lesiones de órganos, etc. Actualmente está siendo también objeto de estudio la influencia de la acupuntura sobre el sistema nervioso, las glándulas endocrinas, etc.

**4.2.1. Técnicas.** La práctica de la acupuntura requiere mucha experiencia y una gran habilidad manual, por lo que no hay que ponerse en manos del primero que llega, sino de operadores que hayan tenido oportunidad de perfeccionar sus aptitudes en centros especializados.

Para reducir el dolor, debe introducirse la aguja con decisión y rapidez, eventualmente con ayuda de la presión de los dedos, de forma que, concentrándose en ésta el paciente aleje su atención de la aguja que se le va a clavar. Cuando se usan agujas largas, después de la introducción rápida, se puede profundizar más en los tejidos presionando con los dedos de la mano libre sobre el extremo de la aguja, a la que al mismo tiempo se imprimirá un movimiento de rotación. Otra técnica de aplicación de la aguja consiste en levantar un pliegue cutáneo en correspondencia con el punto elegido y a continuación clavar la aguja.

Este método se halla indicado sobre todo cuando el tejido muscular subyacente es más bien fino. Cuando la piel es flácida, es preferible estirarla con dos dedos y luego clavar la aguja en la dirección y a la profundidad requerida por el tratamiento que se pretende llevar a cabo.

#### **4.2.2. Canales.**

- Canal del pulmón (mano Taiyin) Síntomas patológicos: sensación de plenitud en el pecho hemoptisis, dolor de garganta, resfriado, sensación en hombros y espalda, dolores a lo largo del recorrido del canal.
- Canal del intestino grueso (mano Yangtaing) Síntomas patológicos: dolor abdominal, bochorno, tos, disentería, dolor de garganta, epistaxis, dolores a lo largo del canal.
- Canal del estómago (pie Yangming) Síntomas patológicos: hinchazón abdominal, mareo, vómito, parálisis de la cara, dolor de -largo del canal como en el pecho o en las formas maníacas, etc.
- Canal del bazo (pie Taiyin): Síntomas patológicos: rigidez y dolor de lengua, dolor e hinchazón abdominal, vómito, ictericia, debilidad general, pesadez en todo el cuerpo, dolor e hinchazón a lo largo del canal.
- Canal del corazón (mano Shaoyin): Síntomas patológicos. Sequedad de garganta, dolor en abdomen. Sed, ictericia, aumento de la temperatura de la mano y dolor a lo largo del canal.
- Canal del intestino delgado <mano Taiyang> Síntomas patológicos: dolor en la parte inferior del al ictericia, hinchazón del carrillo, dolor de garganta y dolor canal.
- Canal de la vejiga (pie Taiyang) Síntomas patológicos: retención de orina, enuresis, de cabeza, enfermedades de los ojos, dolor a lo largo de la espalda, en el cuello, en la región lumbar.
- Canal del riñón <pie Shaoyin>: Síntomas patológicos: hemoptisis, disnea, sequedad de garganta, lumbago, edema, estreñimiento, diarrea y atrofia muscular de las extremidades inferiores, contractura de la planta del pie y dolor a lo largo de este canal.

- Canal pericardio-sexualidad (mano Jueyin): Síntomas patológicos: angina de pecho, sensación de plenitud en el pecho, palpitaciones, irritabilidad, agitación, estados maniacos, espasmos y contracciones del codo y del brazo, temperatura alta dolor a lo largo del canal.
- Canal del Triple Recalentador, Síntomas patológicos: hinchazón abdominal, edema, sordera, zumbidos, dolor de garganta, hinchazón de los carrillos, dolor localizado en la región auricular posterior, en la piel, en el brazo, y en parte lateral del codo, etcétera.
- Canal del hígado (pie Jueyin): Síntomas patológicos: lumbago, sensación de plenitud en el pecho, enuresis, retención de orina, hernia, dolor en la parte baja del abdomen.
- Canal de la vesícula biliar (Shaoyang) Síntomas patológicos: sabor amargo de boca, dolor en la región submandibular, dolor en el canto externo, zumbidos y dolor a lo largo del recorrido de este canal.

La localización de los puntos para la aplicación de la acupuntura puede realizarse según distintos métodos. Uno de ellos se basa en longitudes establecidas en función de los dedos del paciente o del médico, si éste tiene una constitución física similar a la del enfermo. La unidad de medida puede ser la distancia comprendida entre los dos pliegues que corresponden a las articulaciones de las falanges distal y media del dedo medió, o bien la anchura de la primera articulación del pulgar. Otro sistema de medición consiste en establecer una serie de medidas proporcionales, por lo que si la distancia entre los dos pezones es de 9 unidades, la medida desde el centro del ombligo al borde superior de la sínfisis púbica será en proporción de 5 unidades y así sucesivamente. Por último, la localización de los puntos puede establecerse en función de elementos anatómicos fácilmente determinables en los distintos compartimientos orgánicos.

**4.2.3. Nomenclatura.** La siguiente es la terminología de la acupuntura.

- Meridiano de Pulmón Taiyin de la Mano: LU
- Meridiano de Intestino Grueso Yangming de la Mano: LI
- Meridiano de Estomago Yangming del Pie: ST
- Meridiano de Bazo Taiyin del Pie: SP
- Meridiano del Corazón Shaoyin de la Mano: HT
- Meridiano del Intestino Delgado Taiyang de la Mano: SI
- Meridiano de Vejiga Taiyang del Pie: BL
- Meridiano de Riñón Shaoyin del Pie: KI
- Meridiano del Pericardio (o CS) Jueyin de la Mano: PC
- Meridiano Sanjiao (o TR) Shaoyang de la Mano: SJ
- Meridiano de Vesícula Biliar Shaoyang del Pie: GB
- Meridiano del Hígado Jueyin del Pie: LR
- Meridiano de Vaso Concepción: CV
- Meridiano de Vaso Gobernador: GV.

#### 4.2.4. Puntos Extraordinarios. Ubicación, indicaciones y manipulación.

- **Cabeza y Cuello**

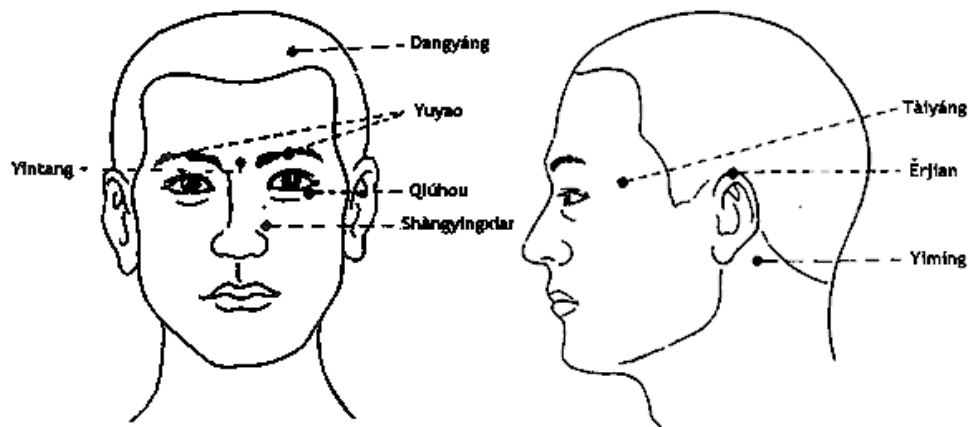


Fig. 12. Puntos de la cabeza y cara

- YINTANG (EX-HN3). UBICACIÓN: en la mitad de la línea media entre las dos cejas. INDICACIONES: dolor de cabeza, mareos, epistaxis, rinorrea, convulsión infantil, mareos post-parto debido a la pérdida de sangre, insomnio. MÉTODO: punturar subcutáneo hacia debajo de 0.3-0.5 cun. Se puede picar para causar sangrado. Moxibustión: 3 a 5 conos, 5 a 10 minutos.
- TAIYANG (EX-HN5). UBICACIÓN: en la depresión, un cun posterior al punto medio entre la punta lateral de la ceja y el canto externo. INDICACIONES: dolor de cabeza, mareos, enrojecimiento, hinchazón y dolor de ojo, desviación de ojos y boca, dolor facial. MÉTODO: punturar perpendicularmente 0.3-0.4 cun subcutáneo, o picar para sangrar.
- YIMING (EX-HN14). UBICACIÓN: 1 cun detrás del YIFENG (SJ17). INDICACIONES: enfermedades de los ojos, tinitus, insomnio. MÉTODO: punturar perpendicularmente 0.5-0.8 cun.

• **Espalda**

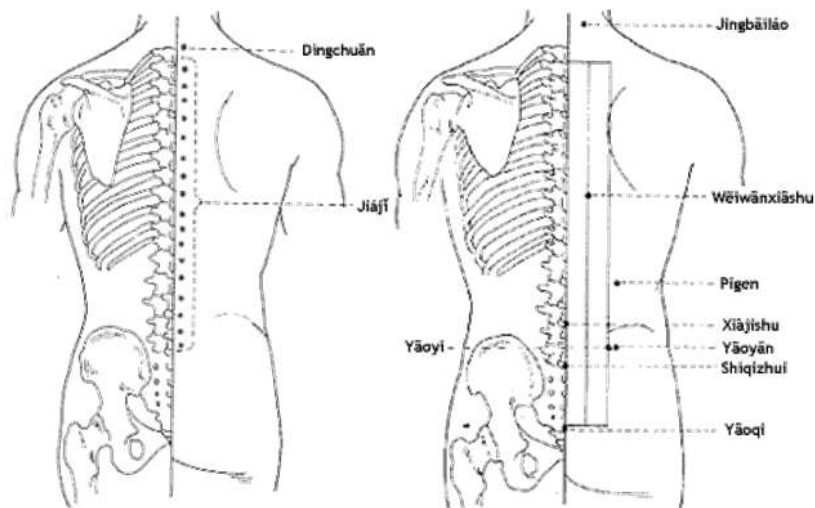


Fig. 13. Puntos de la Espalda

- DINGCHUAN (EX-B1). UBICACIÓN: 0.5 cun lateral al DAZHUI (DU14). INDICACIONES: tos, asma bronquial. MÉTODO: punturar perpendicularmente

0.5-0.8 cun, con la punta de la aguja oblicua hacia la columna. Puede aplicarse moxibustión.

○ JIAJI (EX-B2). UBICACIÓN: 0.5 cun lateral al borde inferior de cada apófisis espinosa, desde la primera torácica a la quinta lumbar. INDICACIONES: enfermedades de la columna vertebral y varios órganos internos. Los puntos JIAJI de la parte superior de la espalda, pueden usarse para tratar enfermedades del corazón, pulmones y de los miembros superiores. Los puntos de la parte baja de la espalda, en enfermedades gastrointestinales, los puntos de la región lumbar para enfermedades en la región lumbar y abdominal y en los miembros inferiores. MÉTODO: punturar perpendicularmente 0.5-1.0 cun en la zona cervical y torácica; 1.0-1.5 cun en la región lumbar. Moxibustión: 3 a 5 conos de moxa o 10 a 20 minutos.

○ YAOQI (EX-B9). UBICACIÓN: 2 cun directamente sobre la punta del coxis. INDICACIÓN: epilepsia y constipación. MÉTODO: punturar subcutáneo hacia arriba, 1.5-2.0 cun. Moxibustión: puede aplicarse.

### • Miembro Superior

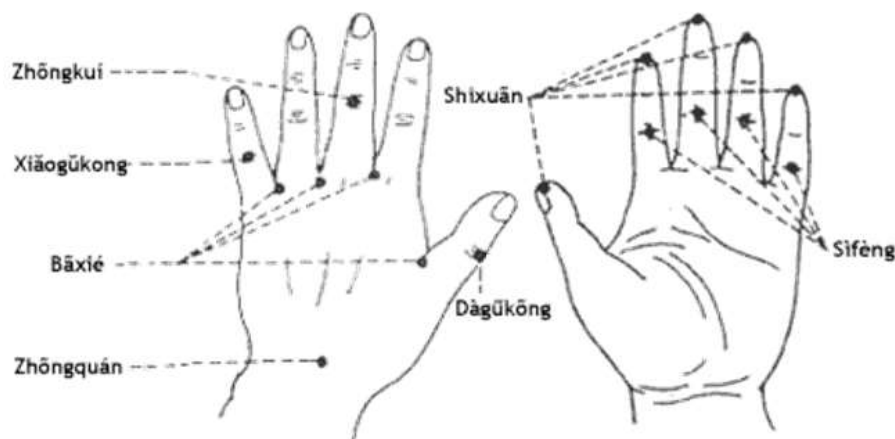


Fig. 14. Puntos de la mano

- BAXIE (EX-UE9). UBICACIÓN: sobre el dorso de la mano en la comisura entre los dedos, se localizan con la mano cerrada, son ocho puntos (ver fig. 5). INDICACIONES. Calor excesivo, dolor de ojos, mordedura de serpiente, hinchazón y dolor en el dorso de la mano, entumecimiento y dolor en los dedos. MÉTODO: punturar oblicuamente 0.3-0.5 cun, o picar para sangrar. Moxibustión: puede aplicarse.
- SIFENG (EX-UE10). UBICACIÓN: en la superficie de la palma de la mano, en el pliegue transversal de las articulaciones interfalángicas de los dedos exceptuando el pulgar. INDICACIONES: síndrome de malnutrición e indigestión en los niños, náuseas, vómitos, tos convulsa. MÉTODO: picar con una aguja de tres puntas y apretar extrayendo una pequeña cantidad de líquido amarillo viscoso.
- SHIXUAN (EX-UE11). UBICACIÓN: en la punta de los diez dedos, a un cun de distancia de las uñas. INDICACIONES: Coma, epilepsia, histeria, fiebre alta, tonsilitis, convulsión infantil, heat-stroke. MÉTODO: punturar 0.1-0.2 cun superficialmente. O picar para sangrar.

• **Miembro Inferior**

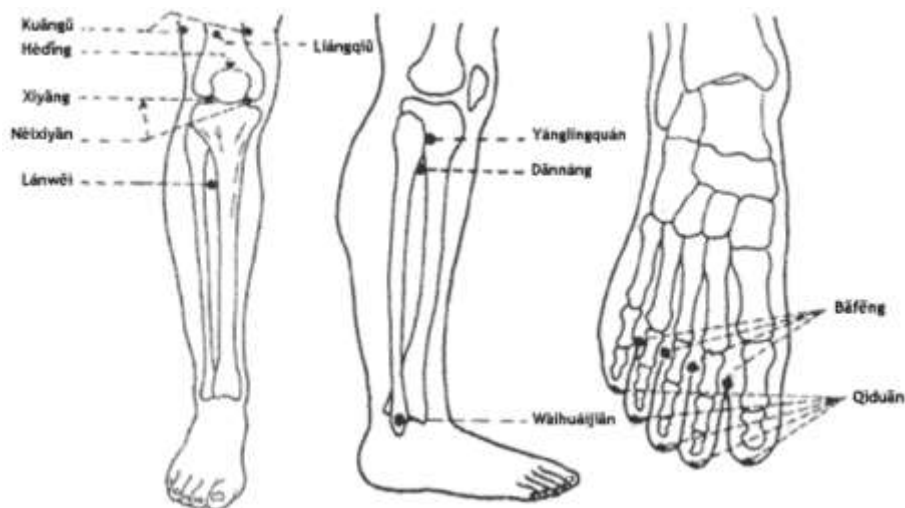


Fig. 15. Puntos de la Pierna y el Pie

- XIYAN (EX-LE5). UBICACIÓN: Dos puntos en la depresión interna y externa de la rótula, se localizan con la rodilla flexionada. INDICACIONES: dolor de rodilla, dolor y pesadez en las piernas y pie, beriberi. MÉTODO: punturar oblicuamente 0.5-1 cun, o penetrar desde el XIYANG al XIYANG homo lateral. Moxibustión: 3-5 conos o 10-20 minutos.
- LANWEI (EX-LE7). UBICACIÓN: alrededor de 2 cun debajo del ZUSANLI (ST36). INDICACIONES: apendicitis aguda y crónica, indigestión. MÉTODO: punturar perpendicularmente 1.0-1.2 cun. Moxibustión: 3-5 conos o 10-30 minutos.
- DANNANG (EX-LE6). UBICACIÓN: 2 cun debajo del YANGLINGQUAN (GB34). INDICACIONES: colecistitis aguda y crónica, colelitiasis, ascariasis biliar, debilidad y adormecimiento de las extremidades inferiores. MÉTODO: punturar perpendicularmente 0.8-1.2 cun
- BAFENG (EX-LE10). UBICACIÓN: en el dorso del pie, en la depresión interfalángica entre los dedos en ambos lados, son ocho puntos en total. INDICACIONES: dolor e hinchazón en el dorso del pie, adormecimiento de los dedos, dolor de cabeza, mordedura de serpiente, beriberi. MÉTODO: punturar perpendicularmente 0.1-0.3 cun. Moxibustión: Puede aplicarse.

**4.2.5. Cuáles Son Los Efectos Secundarios.** Algunas personas experimentan un poco de dolor ligero, entumecimiento u hormigueo cuando se insertan las agujas de acupuntura. En casos raros las personas se sentirán vertiginosas o nauseadas durante la acupuntura. Puede haber una gota de sangre cuando una aguja sea retirada.

La acupuntura tiene mucho menos efectos secundarios que la mayoría de los medicamentos occidentales.

No debe ir para un tratamiento de acupuntura si ha tenido cualquier bebida alcohólica dentro de una hora o si está usando cualquier droga recreativa.

Esté seguro que su acupuntor sabe si está embarazada. Algunos puntos de acupuntura no deben estimularse durante el embarazo.



**4.2.6. Técnicas Terapéuticas Con Agujas De Acupuntura.** Existen 4 técnicas que utilizan agujas de acupuntura:

- Aguja Fría (Inserción simple)
- Aguja Caliente (con moxa en polvo).
- Aguja Caliente (con moxa en puro cortado).
- Electroacupuntura.

**4.2.7. Tipos de agujas de acupuntura.** Son agujas estériles las cuales todas las agujas están fabricadas en Acero Inoxidable quirúrgico. Podrán tener el mango bañado en plata, cobre, oro o en otro tipo de aleación. Hay algunos casos en que las agujas están totalmente bañadas en alguno de estos metales.



Fig. 16. Tipos de agujas de acupuntura.

1. Aguja China, Acero Inoxidable, Mango bañado en Plata, Sin Cabeza, con Guía, Envase Individual.
2. Aguja China, Acero Inoxidable, Mango bañado en Plata, Cabeza Redonda, con Guía, Envase Individual.
3. Aguja China, Acero Inoxidable, Tipo Coreano (longitud especial para los dedos y las manos).
4. Aguja China, Acero Inoxidable, Tipo Coreano.
5. Aguja China, Acero Inoxidable, Mango bañado en Plata, Cabeza Redonda, Envase Individual.

6. Aguja China, Acero Inoxidable, Mango bañado en Plata, Sin Cabeza, Envase Individual.
7. Aguja Japonesa, Acero Inoxidable.
8. Aguja China, Acero Inoxidable, Tipo Japonés
9. Aguja China, Acero Inoxidable, Bañada en Oro, Sin Cabeza.
10. Aguja China, Acero Inoxidable, Mango bañado en Plata, Cabeza en Espiral.

**4.2.8. Agujas Intradermales.** Han sido diseñadas para ser insertadas en la capa superficial de la piel. A este respecto, debe señalarse que se trata de un material distinto al de las Agujas de Acupuntura normales, ya que éstas últimas se aplican generalmente en tejidos más profundos de la dermis. Normalmente se insertan en la zona donde se localiza el mal a tratar, pero también pueden aplicarse en el lado contrario del cuerpo que corresponda a dicha zona. Las Agujas Intradermales habitualmente tienen una longitud comprendida entre 3 y 10 mm. Una vez efectuada su inserción, se fijan en la piel con un adhesivo y se dejan actuar durante un período de tiempo que oscila entre dos a tres días y una semana. Su poder curativo adicional es muy efectivo. Es casi imposible que las Agujas Intradermales insertadas y fijadas correctamente se rompan o se agrieten. Por esto, se recomiendan para el tratamiento de deportistas.

**4.2.9. Cómo Sabemos Si Funciona.** Ensayos sobre la acupuntura muestran que es eficaz para tratar algunos tipos de dolor y náusea. Esto llevó los Institutos Nacionales de Salud en 1997 a emitir una declaración que apoya el valor de acupuntura para ciertas condiciones. La Organización de Salud Mundial lista encima de 40 condiciones que pueden ayudarse por la acupuntura.

Un estudio reciente en la acupuntura para relevar el dolor de la neuropatía no mostró ningún beneficio. Sin embargo, el plan del estudio se ha criticado por usar los mismos puntos de acupuntura para todos en el estudio y por usar los puntos

de acupuntura falsos para la comparación. Muchas personas con la neuropatía creen que la acupuntura los ha ayudado.

### **4.3. ELECTROESTIMULADOR POR ACUPUNTURA**

La aplicación de la electroterapia al paciente se hace por medio de las agujas de acupuntura que se acoplan a un electroestimulador por medio de cables.

Ésta se puede realizar de las siguientes formas:

Aplicación fija, los valores se mantienen durante la sesión.

Aplicación intencionada, una vez se inicie la sesión, se hagan cambios de valores y posición de la aguja.

Antes de implementar la electroestimulación por acupuntura a un paciente hay que tener presente los accidentes que pueden ocurrir y las precauciones.

**4.3.1. Accidentes Galvanicos.** Debidos a una alta intensidad o tiempo de sesión, éstos accidentes interfieren en los tejidos de forma bioquímica, causando irritación ligera por cambios de PH o agresiones sobre la piel y tejidos subyacentes.

Precauciones, para evitar estos accidentes debemos tener en cuenta:

Usar cables, clavijas de contacto y pinzas en buen estado.

Contar con el grado de sensibilidad del paciente.

Evitaremos irregularidades corporales.

No aplicar en heridas ni soluciones de continuidad de la piel.

**4.3.2. Procedimiento de Aplicación.** Para realizar una aplicación de la terapia, ya sea de baja, media o alta frecuencia, es necesario seguir un protocolo, aunque éste es flexible y algunos de los pasos se pueden ignorar o adaptarse a nuevas necesidades.

Ubicar al paciente en la postura adecuada según la técnica.

Cuidar y vigilar las posibles derivaciones eléctricas entre el paciente y tierra u otros aparatos eléctricos próximos.

Descubrir la zona evitando compresiones o estrangulamientos con las prendas replegadas.

Explicar al paciente las dolencias posibles advirtiéndole las molestias o sensaciones que se pueden percibir al momento de la terapia.

Disponer y preparar las agujas adecuadas.

Disponer el equipo a lo proyectado para la terapia.

Aplicar las agujas de manera correcta.

Aplicar las variaciones lentamente.

Preguntar sobre la respuesta deseada, si no, buscar la mejor respuesta.

Marcar tiempo de la sesión.

Estar pendiente de la evolución del paciente.

Desconectar lentamente.

**4.3.3. Contraindicaciones.** Aunque las terapias con electroestimuladores son seguras, lo mejor es seguir las contraindicaciones,

No utilizar en personas que tengan marcapasos, padezcan enfermedades del corazón, epilepsia o en los 3 primeros meses del embarazo.

No utilizar en la boca, trayecto de la arteria carótida, lesiones de la piel, piel anestesiada, cerca de los ojos o sobre el abdomen en mujeres embarazadas.

#### 4.4. CORRIENTE ELÉCTRICA Y EL CUERPO HUMANO

Las consecuencias del paso de la corriente por el cuerpo pueden ocasionar desde lesiones físicas secundarias (golpes, caídas, etc.), hasta la muerte por fibrilación ventricular.

##### 4.4.1. Efectos fisiológicos de la electricidad sobre el cuerpo humano

Aunque son muchos los efectos fisiológicos que puede producir el paso de la corriente eléctrica sobre el organismo, los más frecuentes son los siguientes:

- **Paro Cardíaco** Se produce una parada del corazón debido al paso de la corriente eléctrica por el mismo. Puede producir secuelas irreversibles o la muerte de la persona.
  
- **Fibrilación Ventricular** Es una falta de sincronización de las contracciones musculares del corazón, que produce una alteración del ritmo cardiaco debido al paso de la corriente eléctrica y que puede degenerar en un paro cardíaco. Se considera como la causa principal de muerte por choque eléctrico.
  
- **Contracción Muscular (O Tetanización)** Es la contracción muscular involuntaria que sufre la persona que recibe una descarga eléctrica y que le impide soltarse del elemento sometido a tensión, de ahí la frase que oímos con frecuencia «se quedó pegado a los conductores». Cuando ocurra un accidente de esas características, no se debe intentar separar al trabajador del punto de contacto sin

tomar las medidas de seguridad oportunas. En estos casos se debe cortar la tensión, si no es posible, se debe provocar un cortocircuito en los conductores para que salten los elementos de protección y se desconecte la alimentación eléctrica de la instalación, cuidando de que esta operación no produzca nuevos daños a las personas, sobre todo, caídas a distinto o al mismo nivel, golpes, quemaduras, heridas, etc.

- **Asfixia** Se produce por contracción de los músculos de los pulmones y se manifiesta en el individuo como dificultad para respirar. Puede degenerar en un paro respiratorio y, como consecuencia, producir la muerte de la persona.

- **Aumento De La Presión Sanguínea** Ocurre cuando se produce el paso de la corriente eléctrica por la sangre a lo largo de las arterias y las venas. Altera el ritmo cardíaco y puede resultar peligroso, especialmente en individuos hipertensos.

- **Quemaduras** Se pueden producir por el paso de la corriente eléctrica (efecto joule: el calor generado depende de la intensidad de corriente al cuadrado), como consecuencia de un incendio de origen eléctrico o por interacción con un arco eléctrico (fenómeno más frecuente en medias y altas tensiones). Para esta se han establecido unas curvas que indican las alteraciones de la piel humana en función de la densidad de corriente que circula por un área determinada ( $\text{mA}/\text{mm}^2$ ) y el tiempo de exposición a esa corriente. Se distinguen las siguientes zonas:

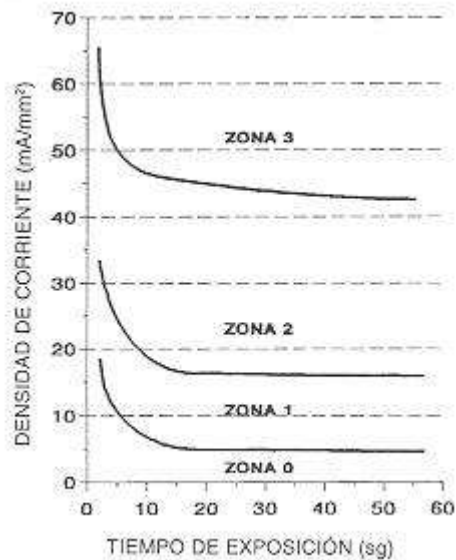


Fig. 17. Efecto sobre la Piel

Zona 0: habitualmente no hay alteración de la piel, salvo que el tiempo de exposición sea de varios segundos, en cuyo caso, la piel en contacto con el electrodo puede tomar un color grisáceo con superficie rugosa.

Zona 1: se produce un enrojecimiento de la piel con una hinchazón en los bordes donde estaba situado el electrodo.

Zona 2: se provoca una coloración parda de la piel que estaba situada bajo el electrodo. Si la duración es de varias decenas de segundos se produce una clara hinchazón alrededor del electrodo.

Zona 3: se puede provocar una carbonización de la piel.

Es importante resaltar que con una intensidad elevada y cuando las superficies de contacto son importantes se puede llegar a la fibrilación ventricular sin ninguna alteración de la piel.

Cada uno de los efectos anteriormente mencionados, se genera dependiendo el tiempo expuesto y la intensidad de la corriente que pasa por el cuerpo humano.

<b>Intensidad de la corriente (en miliamperios)</b>	<b>Posible efecto en el cuerpo humano</b>
1 mA	Nivel de percepción. Una leve sensación de hormigueo. Aún así, puede ser peligroso bajo ciertas condiciones.
5 mA	Leve sensación de choque; no doloroso, aunque incómodo. La persona promedio puede soltar la fuente de la corriente eléctrica. Sin embargo, las reacciones involuntarias fuertes a los choques en esta escala pueden resultar en lesiones.
6-30 mA	Choque doloroso donde se pierde el control muscular. Esto se conoce como "la corriente paralizante" o "la escala bajo la cual hay que soltar la fuente".
50-150 mA	Dolor agudo, paro respiratorio, contracciones musculares severas. La persona no puede soltar la fuente de electricidad. La muerte es posible.
1000-4300 mA	Fibrilación ventricular (el ritmo cardíaco cesa.) Ocurren contracciones musculares y daño a los nervios. La muerte es sumamente probable.
10,000 mA	Paro cardíaco, quemaduras severas y con toda probabilidad puede causar la muerte.

Fig. 18. Intensidad y Posible efecto sobre el cuerpo

Las condiciones húmedas son comunes durante los sacudidos eléctricos a bajo voltaje. Bajo condiciones secas, la piel humana es muy resistente. Si la piel está húmeda, la resistencia del cuerpo baja drásticamente.

A continuación se indican los efectos que produce una corriente alterna de frecuencia comprendida entre 15 y 100 Hz. Se distinguen las siguientes zonas:

Zona 1: habitualmente ninguna reacción.

Zona 2: habitualmente ningún efecto fisiológico peligroso.

Zona 3: habitualmente ningún daño orgánico. Con duración superior a 2 segundos se pueden producir contracciones musculares dificultando la



respiración, paradas temporales del corazón sin llegar a la fibrilación ventricular.

Zona 4: riesgo de parada cardíaca por: fibrilación ventricular, parada respiratoria, quemaduras graves.

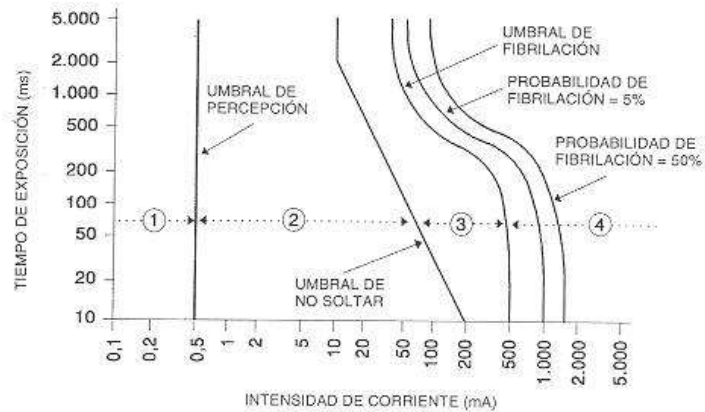


Fig. 19. Efecto en el organismo de la Corriente Alterna

Ahora se representan los efectos de una corriente continua ascendente; se puede apreciar que para una duración de choque superior a un ciclo cardíaco el umbral defibrilación en corriente continua es muy superior que en corriente alterna.

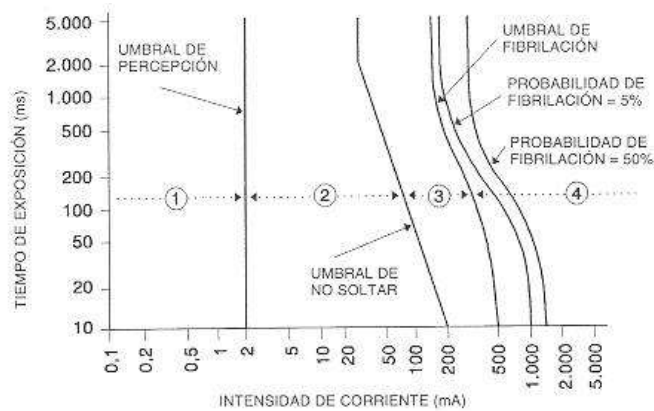


Fig. 20. Efecto en el organismo de la Corriente Continua

#### 4.4.2. Principales factores que influyen en el efecto eléctrico

- **Intensidad de la corriente**

Es uno de los factores que más inciden en los efectos y lesiones ocasionados por el accidente eléctrico. En relación con la intensidad de corriente, son relevantes los conceptos que se indican a continuación.

- **Umbral de percepción:** es el valor mínimo de la corriente que provoca una sensación en una persona, a través de la que pasa esta corriente. En corriente alterna esta sensación de paso de la corriente se percibe durante todo el tiempo de paso de la misma; sin embargo, con corriente continua solo se percibe cuando varía la intensidad, por ello son fundamentales el inicio y la interrupción del paso de la corriente, ya que entre dichos instantes no se percibe el paso de la corriente, salvo por los efectos térmicos de la misma. Según algunas Normas, se considera un valor de 0,5 mA en corriente alterna y 2 mA en corriente continua, cualquiera que sea el tiempo de exposición.
- **Umbral de reacción:** es el valor mínimo de la corriente que provoca una contracción muscular.
- **Umbral de no soltar:** cuando una persona tiene sujetos unos electrodos, es el valor máximo de la corriente que permite a esa persona soltarlos. En corriente alterna se considera un valor máximo de 10 mA, cualquiera que sea el tiempo de exposición. En corriente continua, es difícil establecer el umbral de no soltar ya que solo el comienzo y la interrupción del paso de la corriente provocan el dolor y las contracciones musculares.
- **Umbral de fibrilación ventricular:** es el valor mínimo de la corriente que puede provocar la fibrilación ventricular. En corriente alterna, el umbral de fibrilación ventricular decrece considerablemente si la duración del paso de la corriente se prolonga más allá de un ciclo

cardíaco. Adecuando los resultados de las experiencias efectuadas sobre animales a los seres humanos, se han establecido unas curvas, por debajo de las cuales no es susceptible de producirse. La fibrilación ventricular está considerada como la causa principal de muerte por choque eléctrico. En corriente continua, si el polo negativo está en los pies (corriente descendente), el umbral de fibrilación es de aproximadamente el doble de lo que sería si el polo positivo estuviese en los pies (corriente ascendente). Si en lugar de las corrientes longitudinales antes descritas fuese una corriente transversal, la experiencia sobre animales hace suponer que, solo se producirá la fibrilación ventricular con intensidades considerablemente más elevadas.

- **Período vulnerable:** afecta a una parte relativamente pequeña del ciclo cardíaco durante el cual las fibras del corazón están en un estado no homogéneo de excitabilidad y la fibrilación ventricular se produce si ellas son excitadas por una corriente eléctrica de intensidad suficiente. Corresponde a la primera parte de la onda T en el electrocardiograma y supone aproximadamente un 10% del ciclo cardíaco completo.

- **Impedancia del cuerpo humano**

Su importancia en el resultado del accidente depende de las siguientes circunstancias: de la tensión, de la frecuencia, de la duración del paso de la corriente, de la temperatura, del grado de humedad de la piel, de la superficie de contacto, de la presión de contacto, de la dureza de la epidermis, etc.

Las diferentes partes del cuerpo humano, tales como la piel, los músculos, la sangre, etc., presentan para la corriente eléctrica una impedancia compuesta por elementos resistivos y capacitivos. Durante el paso de la electricidad la impedancia de nuestro cuerpo se comporta como una suma de tres impedancias en serie:

- Impedancia de la piel en la zona de entrada.
- Impedancia interna del cuerpo.
- Impedancia de la piel en la zona de salida.

Hasta tensiones de contacto de 50 V en corriente alterna, la impedancia de la piel varía, incluso en un mismo individuo, dependiendo de factores externos tales como la temperatura, la humedad de la piel, etc.; sin embargo, a partir de 50 V la impedancia de la piel decrece rápidamente, llegando a ser muy baja si la piel está perforada.

La impedancia interna del cuerpo puede considerarse esencialmente como resistiva, con la particularidad de ser la resistencia de los brazos y las piernas mucho mayor que la del tronco. Además, para tensiones elevadas la impedancia interna hace prácticamente despreciable la impedancia de la piel.

A continuación se indican unos valores de la impedancia total del cuerpo humano en función de la tensión de contacto, tanto para corriente alterna y continua, respectivamente.

Tensión de contacto (V)	Impedancia total ( $\Omega$ ) del cuerpo humano que no son sobrepasados por el		
	5% de las personas	50% de las personas	95% de las personas
25	1.750	3.250	6.100
50	1.450	2.625	4.375
75	1.250	2.200	3.500
100	1.200	1.875	3.200
125	1.125	1.625	2.875
220	1.000	1.350	2.125
700	750	1.100	1.550
1.000	700	1.050	1.500
valor asintótico	650	750	850

Fig. 21. Impedancia del Cuerpo en C.A. en una superficie de 50 - 100 cm<sup>2</sup>

Tensión de contacto (V)	Impedancia total ( $\Omega$ ) del cuerpo humano que no son sobrepasados por el		
	5% de las personas	50% de las personas	95% de las personas
25	2.200	3.875	8.800
50	1.750	2.990	5.300
75	1.510	2.470	4.000
100	1.340	2.070	3.400
125	1.230	1.750	3.000
220	1.000	1.350	2.125
700	750	1.100	1.550
1.000	700	1.050	1.500
valor asintótico	650	750	850

Fig. 22. Impedancia del Cuerpo en C.C. en una superficie de 50 - 100 cm<sup>2</sup>

Las variaciones de la impedancia del cuerpo humano en función de la superficie de contacto, en relación con la tensión aplicada: la podemos observar a continuación en la siguiente grafica.

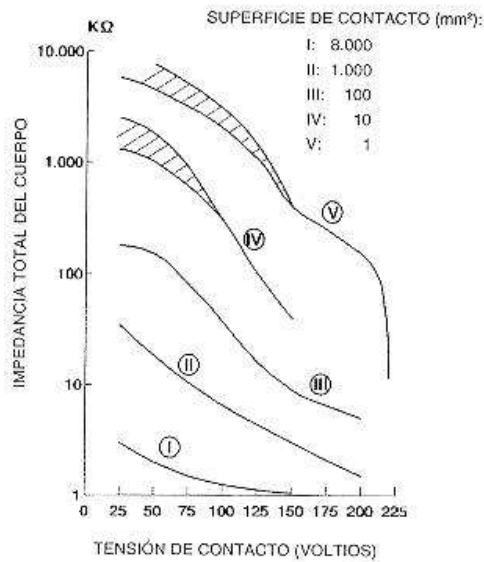


Fig. 23. Impedancia del Cuerpo en función de la superficie de contacto

- Tensión aplicada

En sí misma no es peligrosa pero, si la resistencia es baja, ocasiona el paso una intensidad elevada y, por tanto, muy peligrosa. El valor límite de la tensión de seguridad debe ser tal que aplicada al cuerpo humano, proporcione un valor de intensidad que no suponga riesgos para el individuo.

Como anteriormente se mencionó, la relación entre la intensidad y la tensión no es lineal debido al hecho de que la impedancia del cuerpo humano varía con la tensión de contacto. Ahora bien, por depender la resistencia del cuerpo humano, no solo de la tensión, sino también de la trayectoria y del grado de humedad de la piel, no tiene sentido establecer una única tensión de seguridad sino que tenemos que referirnos a infinitas tensiones de seguridad, cada una de las cuales se correspondería a una función de las distintas variables anteriormente mencionadas.

Las tensiones de seguridad aceptadas son 24 V para emplazamientos húmedos y 50 V para emplazamientos secos, siendo aplicables tanto para corriente continua como para corriente alterna.

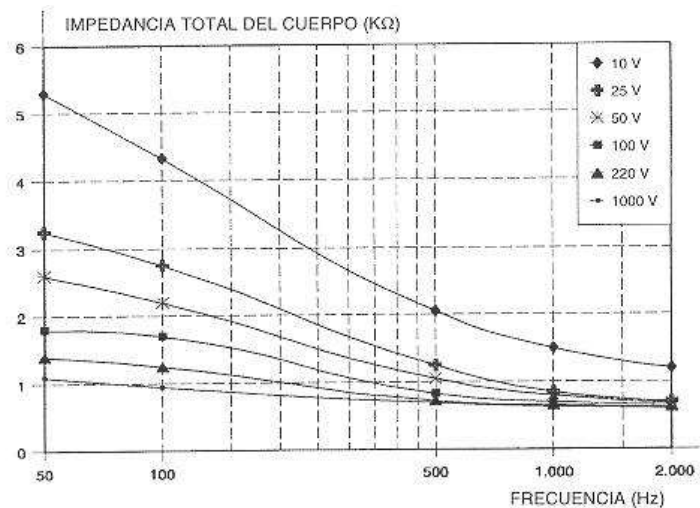


Fig. 24. Impedancia total en función de la tensión y la Frecuencia

### 4.4.3. Cálculos

Los efectos de la corriente eléctrica sobre el organismo humano son variables dependiendo:

- A) Estado físico del individuo (seco, húmedo, piel intacta, corazón abierto etc.)
- B) Trayectoria de paso de la corriente a través del individuo
- C) Naturaleza y tipo de corriente eléctrica que es generada (Intensidad (I) Voltaje ó Tensión (V), resistencia puesta a su paso(R), tiempo aplicación, etc.)

Todos estos efectos vienen regulados por la Ley de OHM:

$$V = I * R$$

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

**I** = Intensidad de la corriente que pasa por el ser humano (Amperios). I sería:

- "Umbral de Percepción" (Se percibe un ligero hormigueo), fijado en 1 mA (c.a.)
- "Intensidad Limite" (La persona aún es capaz de soltar un conductor), de 10mA

**V** = Voltaje (Voltios) Tensión de contacto. Diferencia de tensión entre un punto de entrada de la corriente y otro de salida. La tensión habitual a red es de 220v.

**R** = Resistencia que opone el cuerpo al paso de la corriente (Ohmios), como cálculo. R sería:

- Resistencia para un cuerpo humano de tipo medio se calcula como 2.500 Ohmios
- Según UNE 20.572 el valor de R estaría entre 2.500 y 650 Ohmios
- Según la Norma CEI -479 (Comité Eléctrico Internacional) existen valores a tener en cuenta según esté la piel de la persona en diferentes circunstancias A sí:

TENSIÓN DE CONTACTO (V)	PIEL SECA	PIEL HÚMEDA	PIEL MOJADA	PIEL SUMERGIDA
≤ 25 (Seguridad en ambientes húmedos)	5.000	2.500	1.000	500
50 (Seguridad en ambientes secos)	4.000	2.000	875	440

Fig. 25. Resistencia del Cuerpo Humano medida en ohmios

## 4.5. FUNCIÓN, DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LAS DIFERENTES SEÑALES

**4.5.1. Señal Cuadrada Monofásica.** Esta señal es un tipo de onda que se caracteriza por tener cambios bruscos ascendentes y descendentes en su amplitud. Se empleará para estímulo sensitivo, estímulo motor y diseño de corrientes con componente galvánico, siempre que se pretenda atribuir polaridad. Posee Tiempo de Pulso y Tiempo de Reposo.



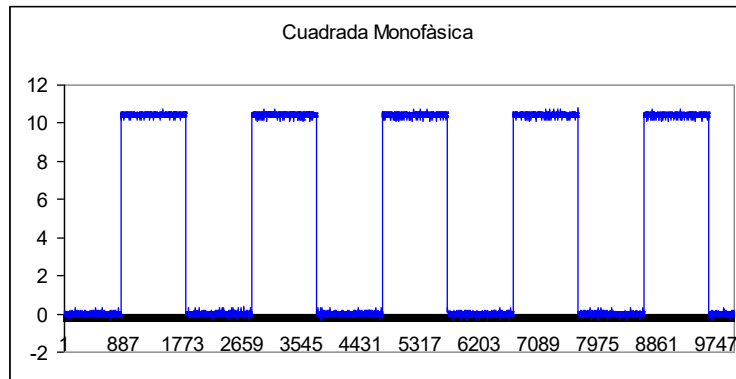


Fig. 26. Señal Cuadrada Monofásica

Diagrama de Flujo

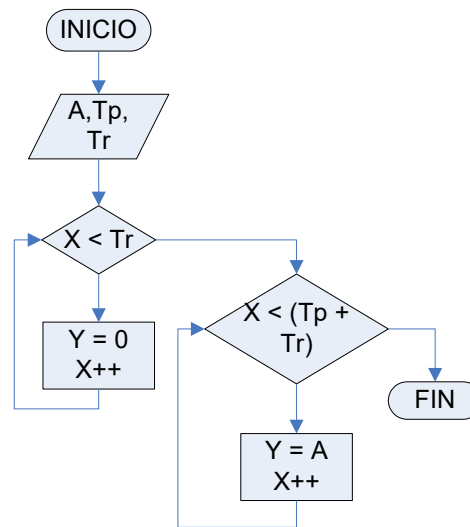


Fig. 27. Diagrama de Flujo de una Cuadrada Monofásica

**4.5.2. Señal Cuadrada de Forma Bifásica.** Esta señal es de forma bifásica pero en realidad nunca cambia de fase, ya que siempre oscila en terminos positivos. Este tipo de onda aplicado como pulsos aislados, pues uno se comporta como positivo y el siguiente como negativo, anulando el componente galvánico en los tratamientos de parálisis. Posee Tiempo de Pulso y Tiempo de Reposo.

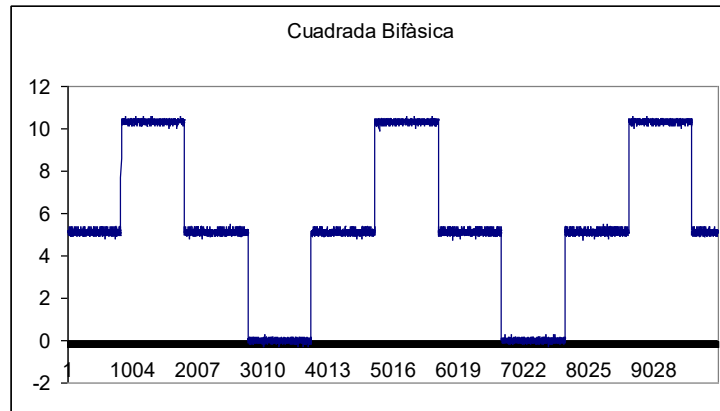


Fig. 28. Señal Cuadrada Bifásica

Diagrama de Flujo

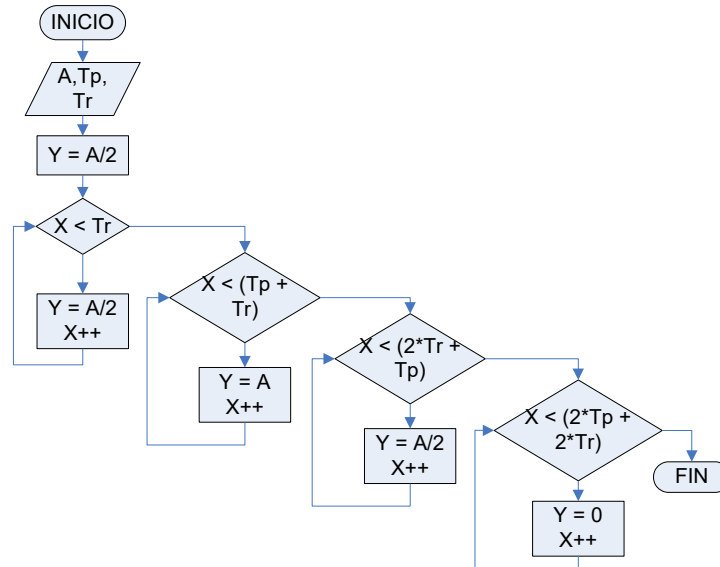


Fig. 29. Diagrama de Flujo de una Cuadrada Bifásica

**4.5.3. Señal Triangular Monofásica.** Posee Tiempo de Pulso y Tiempo de Reposo. Este tipo de onda se caracteriza por tener cambios suaves ascendentemente pero el descenso es brusco en su amplitud. Esta señal es necesaria para farácicas (trenes) y para tratamiento de parálisis.

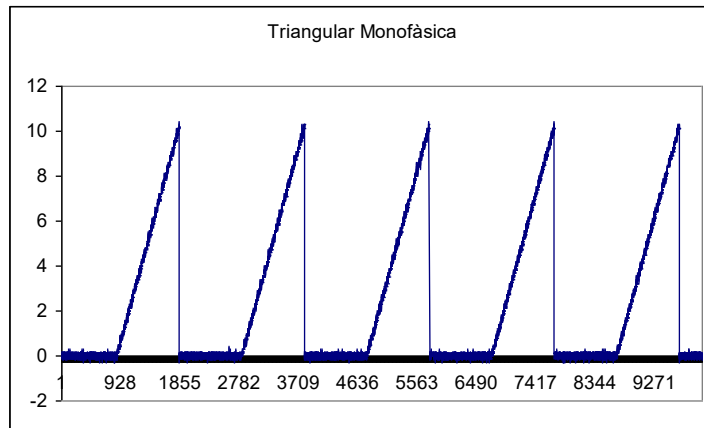


Fig. 30. Señal Triangular Monofásica

Diagrama de Flujo

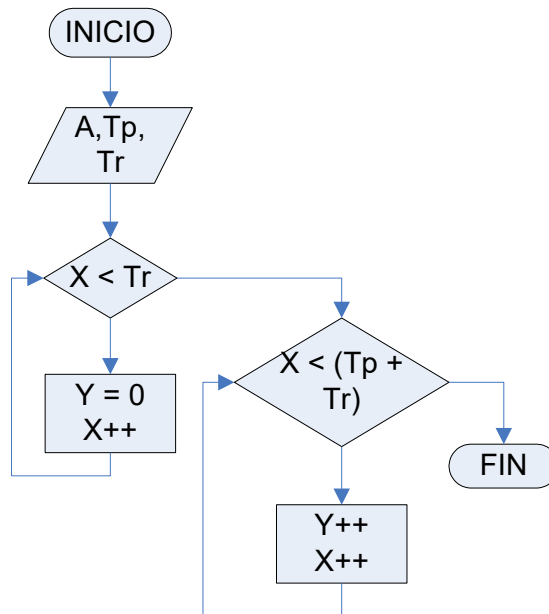


Fig. 31. Diagrama de Flujo de una Triangular Monofásica

**4.5.4. Señal Triangular de Forma Bifásica.** Esta señal es de forma bifásica pero en realidad nunca cambia de fase, ya que siempre oscila en terminos positivos. Es muy útil y necesaria para tratamiento de las parálisis en modo pulsos aislados. Posee Tiempo de Pulso y Tiempo de Reposo.

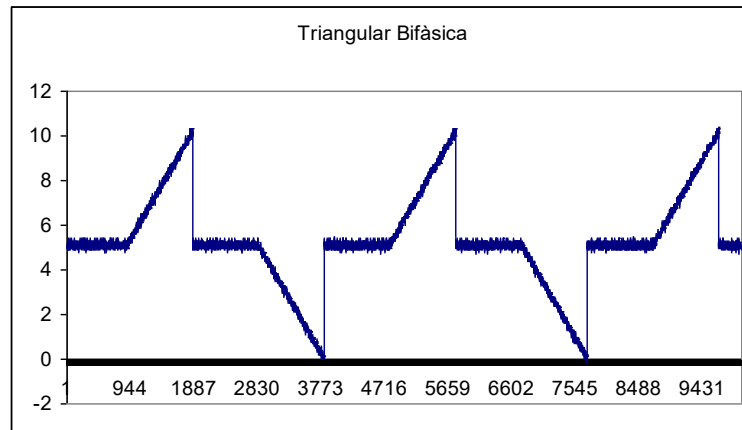


Fig. 32. Señal Triangular Bifásica

Diagrama de Flujo

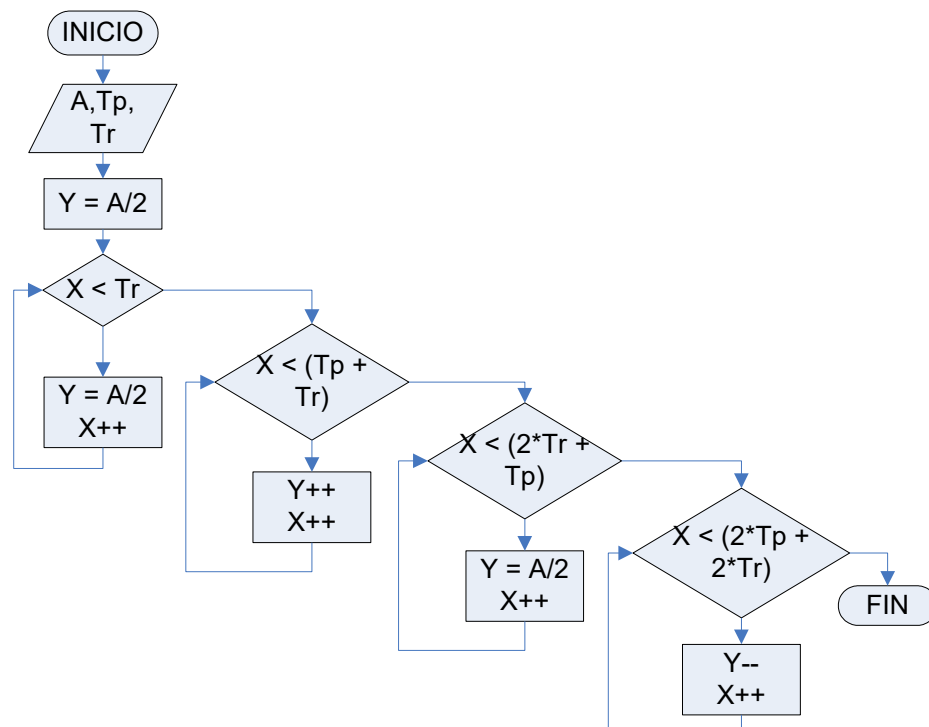


Fig. 33. Diagrama de Flujo de una Triangular Bifásica

**4.5.5. Señal de Pulsos Aislados.** Esta señal es un modo de Aplicación que se caracteriza por realizar pulsos con un tiempo determinado, pero con la particularidad que el Tiempo de Reposo (TR), debe ser mayor a un segundo; ya

que es un modo de aplicación, puede generarse con cualquiera de los 4 tipos de onda (cuadrangular, triangular, monofásica, y de forma bifásica).

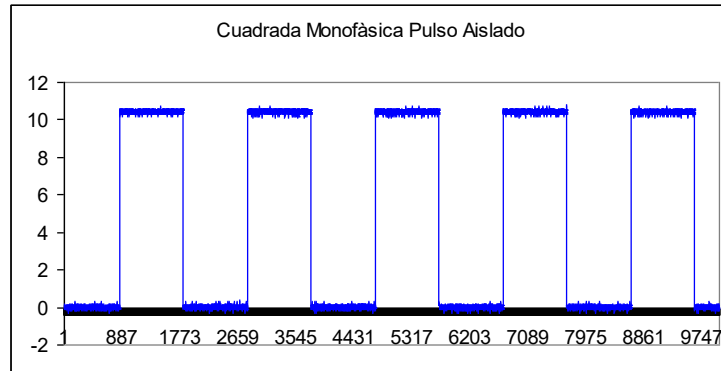


Fig. 34. Pulsos Aislados con Señal Cuadrada Monofásica

Diagrama de Flujo

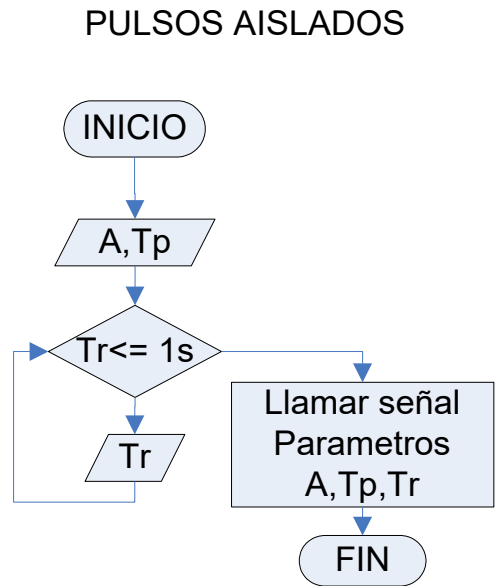


Fig. 35. Diagrama de Flujo de Pulsos Aislados

**4.5.6. Señal de Pulsos Mantenidos.** Normalmente se destinan a estímulo sensitivo para analgesia. En este modo de Aplicación se regula el Tiempo de Pulso, y el Tiempo de Reposo debe ser menor a un segundo y puede utilizar los Tipos de Onda cuadrangular, triangular, monofásica, y de forma bifásica.

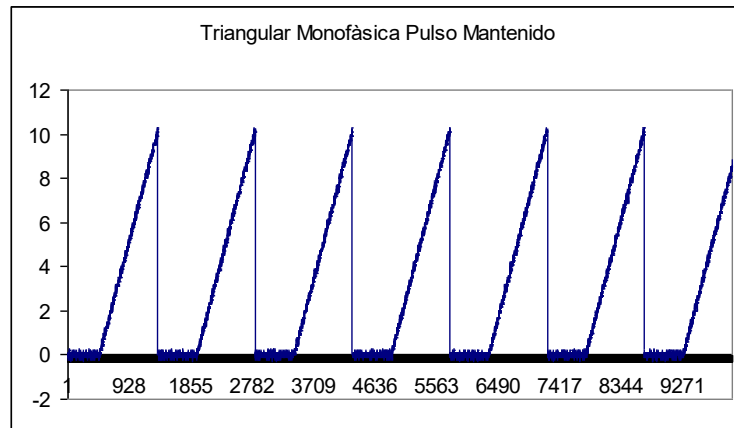


Fig. 36. Pulsos Mantenidos con Señal Triangular Monofásica

Diagrama de Flujo

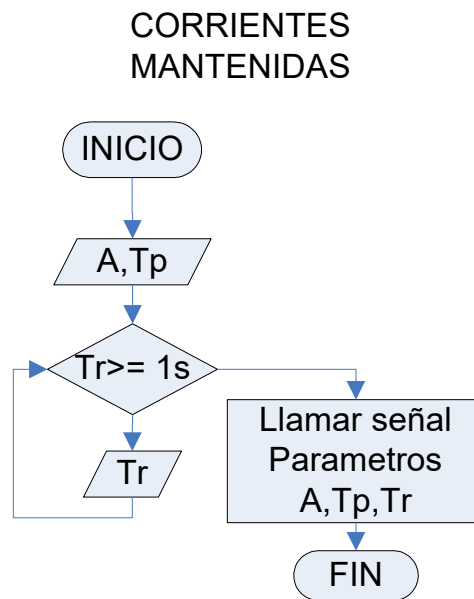


Fig. 37. Diagrama de Flujo de Pulsos Mantenidos

**4.5.7. Señal de Trenes Pulsos.** De musculatura sana o ligeramente afectada podrán ser de Pulsos cuadrangulares o triangulares, monofásicos o de forma bifásicos. El Tiempo del pulso es regulable al igual que el Tiempo del reposo. Posee dos tiempos complementarios que son el Tiempo del tren, el cual es ajustable, y es el tiempo que demora cada tren de pulsos y el. Tiempo de la pausa, tiempo que descansa el paciente de cada tren de pulsos.

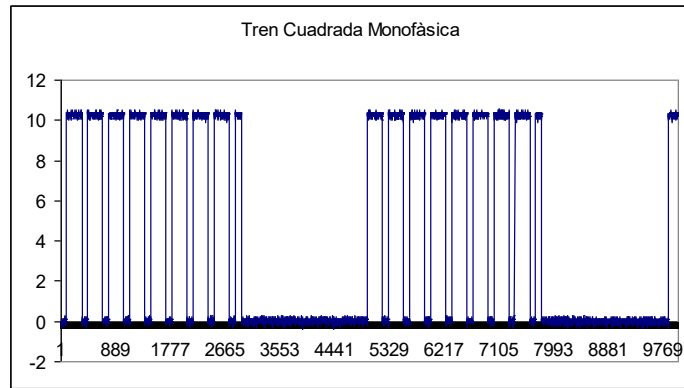


Fig. 38. Trenes de Pulso con Señal Cuadrada Monofásica

### Diagrama de Flujo

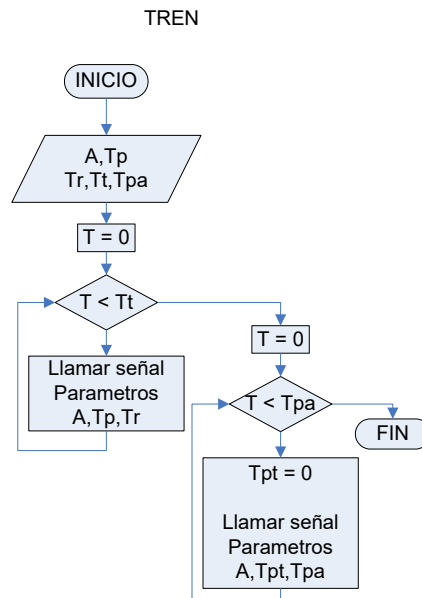


Fig. 39. Diagrama de Flujo de Trenes de Pulso

## 4.6. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS UTILIZADOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL ELECTROESTIMULADOR

El electroestimulador se desarrolló utilizando un microcontrolador motorota MC68HC08GP32 como encargado de la interacción (por medio de un teclado matricial y un LCD) y de la generación de señales, las cuales se producen utilizando un conversor digital análogo DAC0808.

**4.6.1. Microcontrolador Motorola MC68HC08GP32.** A la hora de escoger el microcontrolador a emplear en un diseño concreto hay que tener en cuenta multitud de factores, como la documentación, herramientas de desarrollo disponibles, su precio, la cantidad de fabricantes que lo producen y por supuesto las características del microcontrolador (tipo de memoria de programa, número de temporizadores, interrupciones, etc.) Por sus características se ha escogido el Motorola MC68HC08GP32 para que sea implementado en el circuito del electro estimulador.

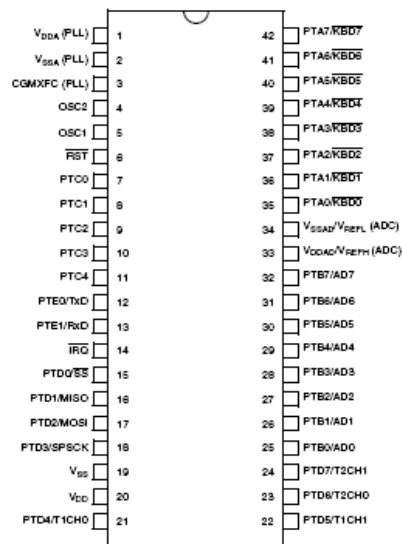


Fig. 40. Microcontrolador Motorola MC68HC08GP32

**4.6.2. Oscilador.** Hay distintos métodos para generar una señal de reloj para un microcontrolador, algunos microcontroladores incluyen un oscilador interno sin embargo el uso de un integrado oscilador o el cristal de 32.768 Khz. son los métodos externos más comunes. En éste caso se utiliza el cristal debido a su menor costo y menor ruido. Se presenta el circuito eléctrico para la aplicación del cristal a continuación:



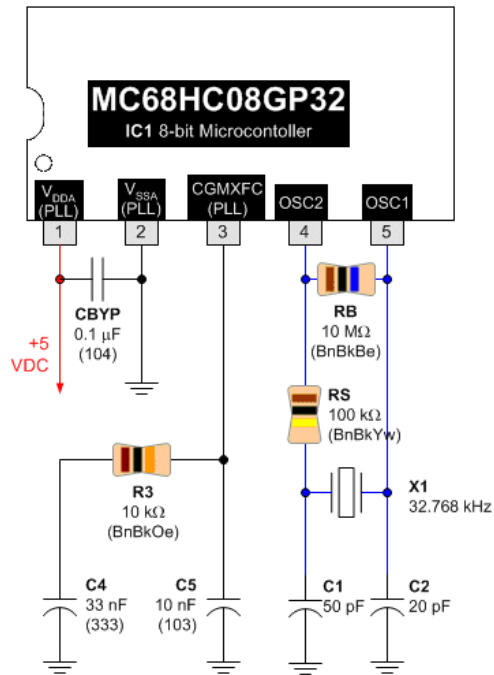


Fig. 41. Circuito Oscilador del Microcontrolador

El método del cristal necesita un circuito con 3 resistencias (10k, 100k y 10M) y 5 capacitores (50p, 20p, 33n, 10n y 0.1u). Los pines Vdda y Vssa tienen un condensador de disociación. 2 capacitores y una resistencia están conectados a CGMXFC para filtrar y sintonizar de forma fina la frecuencia. 2 capacitores, 2 resistencias y un cristal están conectados a OSC1 y OSC2 para crear la señal oscilatoria de reloj.

**4.6.3. LCD:** Como dispositivo de interacción, el electroestimulador incluye un LCD de 2 x 16, lo que significa que comprende de 2 líneas con 16 caracteres para cada línea. Los pines del LCD están asignados así:

Pin n°	Simbolo	Conexión	Descripción
1	V <sub>ss</sub>	V <sub>ss</sub>	Patilla de tierra de alimentación
2	V <sub>dd</sub>	V <sub>dd</sub>	Patilla de alimentación de +5V
3	V <sub>o</sub>	V <sub>o</sub>	Patilla de contraste del cristal líquido. Normalmente se conecta a un potenciómetro a través del cual se aplica una tensión variable entre 0 y +5V que permite regular el contraste del cristal líquido.
4	RS	RA0	Selección del registro de control/registro de datos: RS=0 Selección del registro de control RS=1 Selección del registro de datos
5	R/W	RA1	Señal de lectura/escritura R/W=0 El Módulo LCD es escrito R/W=1 El Módulo LCD es leído
6	E	RA2	Señal de activación del módulo LCD: E=0 Módulo desconectado E=1 Módulo conectado
7-14	D0-D7	RB0-RB7	Bus de datos bi-direccional. A través de estas líneas se realiza la transferencia de información entre el módulo LCD y el sistema informático que lo gestiona

Fig. 42. Descripción del LCD

El LCD (Liquid Crystal Display) Pantalla de Cristal Líquido fue un dispositivo inventado por Jack Janning. Es un sistema eléctrico de presentación de datos formado por 2 capas conductoras transparentes y en medio un material especial cristalino (cristal líquido) que tienen la capacidad de orientar la luz a su paso.

Cuando la corriente circula entre los electrodos transparentes con la forma a representar (por ejemplo, un segmento de un número) el material cristalino se reorienta alterando su transparencia.

El material base de un LCD lo constituye el cristal líquido, el cual exhibe un comportamiento similar al de los líquidos y unas propiedades físicas anisótropas similares a las de los sólidos cristalinos. Las moléculas de cristal líquido poseen una forma alargada y son más o menos paralelas entre sí en la fase cristalina. Según la disposición molecular y su ordenamiento, se clasifican en tres tipos: nemáticos, esmétricos y colestéricos.

Las pantallas LCD se encuentran en multitud de dispositivos industriales y de consumo: máquinas expendedoras, electrodomésticos, equipos de telecomunicaciones, computadoras, etc. Todos estos dispositivos utilizan pantallas fabricadas por terceros de una manera más o menos estandarizada.

La memoria implementa un mapa de bits para cada carácter de un juego de caracteres, es decir, cada octeto de esta memoria describe los puntitos o píxeles que deben iluminarse para representar un carácter en la pantalla. Generalmente, se pueden definir caracteres a medida modificando el contenido de esta memoria. Así, es posible mostrar símbolos que no están originalmente contemplados en el juego de caracteres.

- **Funcionamiento.** El funcionamiento de estas pantallas se fundamenta en sustancias que comparten las propiedades de sólidos y líquidos a la vez. Cuando un rayo de luz atraviesa una partícula de estas sustancias tiene necesariamente que seguir el espacio vacío que hay entre sus moléculas como lo haría atravesar un cristal sólido pero a cada una de estas partículas se le puede aplicar una corriente eléctrica que cambie su polarización dejando pasar a la luz o no.

Una pantalla LCD esta formada por 2 filtros polarizados colocados perpendicularmente de manera que al aplicar una corriente eléctrica al segundo de ellos dejaremos pasar o no la luz que ha atravesado el primero de ellos. Para conseguir el color es necesario aplicar tres filtros más para cada uno de los colores básicos rojo, verde y azul y para la reproducción de varias tonalidades de color se deben aplicar diferentes niveles de brillo intermedios entre luz y no luz lo, cual consigue con variaciones en el voltaje que se aplicaba los filtros.

El controlador Hitachi HD44780 se ha convertido en un estándar de industria cuyas especificaciones funcionales son imitadas por la mayoría de los fabricantes. Este controlador cuenta con los siguientes interfaces eléctricos:

D0-D7, ocho señales eléctricas que componen el bus de datos.

R/W, una señal que indica si se desea leer o escribir en la pantalla (generalmente solamente se escribe). Sacando un nivel lógico "0" por ella, el módulo es escrito con la información presente en ese momento en el Port B que deberá actuar como salida. Sacando un " 1 " se lee el estado interno del módulo LCD.

R/S, una señal que indica si los datos presentes en D0-D7 corresponden bien a una instrucción, bien a sus parámetros. Sacando un nivel lógico "0" por esta línea se selecciona el registro de control del módulo. Sacando un nivel lógico " 1 " se selecciona el registro de datos. Esta línea debe programarse como salida.

E, una señal para activar o desactivar la pantalla. Cuando se aplica un nivel "1" el módulo queda habilitado y es posible por tanto la transferencia de información entre el Port B y las líneas de datos D0-D7. Aplicando un "0" el módulo queda desconectado y sus líneas de datos D0-D7 en alta impedancia. RA2 debe programarse también como salida

V0, señal eléctrica para determinar el contraste de la pantalla. Generalmente en el rango de cero a cinco voltios. Cuando el voltaje es de cero voltios se obtienen los puntos más oscuros.

Vss y Vdd, señales de alimentación. El utilizado para el proyecto necesita 5V y 1mA aprox.

El consumo de este tipo de módulos es muy bajo (7'5mW), y, gracias a su sencillo manejo, son ideales para dispositivos que requieren una visualización pequeña o media. Su alimentación es de +5 V, y la regulación del contraste se realiza dividiendo esos +5V mediante un potenciómetro de 10 k. Para el módulo de 8 bits requeriremos 11 líneas (uno de 4 bits necesitaría sólo 7). De ellas hay tres de control, que son EN (habilitación), I/D (Instrucción/Datos) y R/W (Lectura/Escritura). En un modo de 4 bits usaríamos sólo las líneas DB4-DB7 de datos. La activación de la línea EN (habilitación) es la que permite a la LCD leer el resto de líneas, es decir, si la desactivamos no reaccionará ante los cambios en el resto de líneas. La

línea R/W se conectará a masa, para ahorrar una línea, en todos los casos en los que no sea necesario el modo de lectura.

- **Secuencia de escritura.** Debe seguirse los siguientes pasos:

Línea I/D a 0 o a 1, según se trate de comandos o datos

Línea R/W a 0 (1 en caso de Lectura)

Línea EN a 1 (se habilita la LCD)

Escritura de datos en el bus DB.

Línea EN a 0 (deshabilitación de la LCD)

La misma secuencia en un módulo de 4 bits cambiaría:

Línea I/D a 0 o a 1, según se trate de comandos o datos

Línea R/W a 0 (1 en caso de escritura)

Línea EN a 1 (se habilita la LCD)

Escritura en los 4 bits de mayor peso del DB de la LCD.

Línea EN = 0

Línea EN = 1

Escribir de nuevo los 4 bits de menor peso

Línea EN = 0 (deshabilitación de la LCD).

Al resetear una LCD o encenderla ésta se queda a la espera de instrucciones. Usualmente se suele empezar encendiendo la pantalla, colocando el cursor y configurando la escritura de derecha a izquierda.

La LCD contiene una RAM propia en la que almacena los datos, que se denomina DDRAM. Independientemente del número de caracteres visibles, la DDRAM contará con 80 posiciones. Los caracteres no visibles se visualizarán provocando un desplazamiento.

La utilización de la LCD es lenta. Una escritura o lectura puede tardar entre 40 y 120 segundos; otras instrucciones pueden llegar a los 5 ms. Para lograr que el PIC no necesite esperar tiene una instrucción de 1 $\mu$ seg que lee la dirección del contador y una bandera interior de ocupado. Cuando la bandera de ocupado (BF) está a 1, la LCD no puede leer ni escribir.

El menú del dispositivo aparecerá en el LCD de la siguiente forma, primer se escoge el tipo de señal, cuyo orden se muestra a continuación; las señales pueden ser seleccionadas por medio del teclado, utilizando A se asciende y B desciende, para escoger.



Fig. 43. Orden del Menú de Tipo de Señal

Después de escoger la señal deseada, se oprime aceptar (\*). A continuación escogemos el modo de aplicación que deseamos, existen 3 Modos de Aplicación que son: Pulso Aislado, Tren de Pulsos, Pulsos Mantenidos, este es el orden en el que aparecen en el LCD, y al igual que antes pueden ser seleccionadas por medio del teclado, utilizando A se asciende y B desciende, para escoger, y se ejecuta oprimiendo aceptar.



Fig. 44. Orden del Menú Modo de Aplicación

Luego de seleccionar el modo de aplicación, tenemos que escribir los valores de cada uno de los tiempos que utilizan las señales, el orden es el siguiente, ya que el tren de pulsos, es el único que utiliza los 2 últimos.

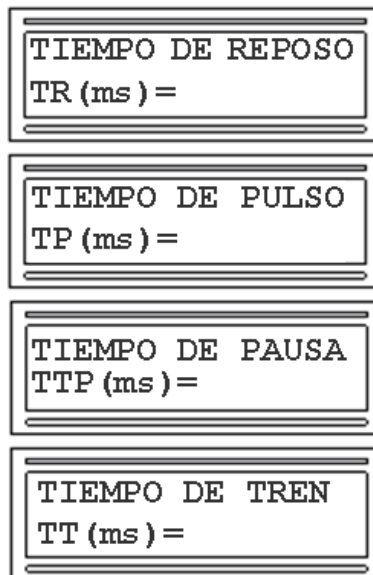


Fig. 45. Orden del Menú de Solicitud de tiempos

#### 4.6.4. Teclado Matricial.

- Cada uno de los números del 0 al 9, sirven para ingresar los tiempos que se necesitan para a creación de la onda. Están deshabilitadas mientras no se encuentre solicitando un tiempo.
- La tecla A y B sirven para Subir o Bajar respectivamente y poder escoger bien sea entre los 4 tipos de señal o los 3 modos de aplicación del sistema. Solo funcionan cuando se esta escogiendo el tipo de onda y el modo de aplicación.
- La tecla \* es el aceptar del sistema. Después de posesionarse sobre el tipo de Señal, el modo de aplicación, y se ingresan los tiempos, se debe oprimir aceptar.
- La tecla # es el cancelar del sistema, siempre que se este escogiendo una opción, o solicitando un tiempo, y se oprime, se devuelve a la pantalla anterior.
- La tecla C y D esta deshabilitada siempre.

1	2	3	A
4	5	6	B
7	8	9	C
*	0	#	D

Fig. 46. Teclado Matricial

**4.6.5. Conversor Digital Análogo.** El conversor utilizado es el DAC0808 y fue seleccionado por su bajo costo y poco error. Para éste conversor se necesita un voltaje de 4.5v y de 18v, por tal motivo se hizo necesaria una fuente especial. El uso del conversor es debido a las señales que por la aguja deben salir para que la terapia tenga efecto, el conversor recibe la señal de forma escalonada para llegar a un tope de voltaje de forma que se realice la señal que se haya configurado.



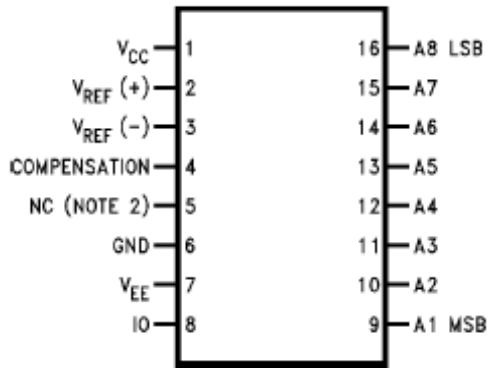


Fig. 47. Conversor Digital-Análogo

**4.6.6. Amplificador Operacional.** El Amplificador Operacional que se utilizó para este proyecto fue el LF351. La función de éste está en amplificar la corriente de salida antes del electrodo. El esquema eléctrico de éste y el dac0808 es el siguiente:

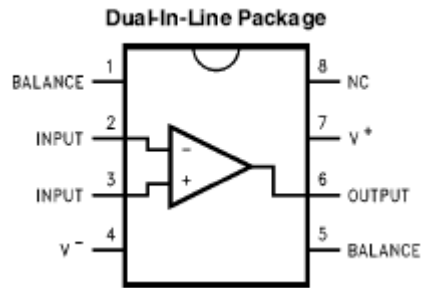


Fig. 48. Diagrama de conexiones del Amplificador Operacional

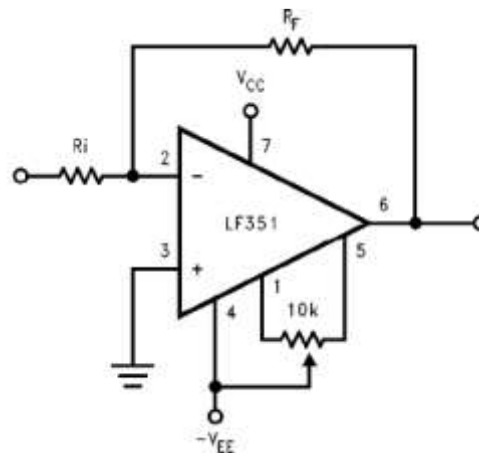


Fig. 49. Conexión típica del Amplificador Operacional

## 4.7. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO

**4.7.1. Alimentación del Sistema.** No se realizo fuente, ya que el costo de la misma era muy elevado, y pues nos basamos en el circuito principal.

La alimentación se hace por medio de una fuente reguladora de Voltaje, se conecta a 18V a -18V y la tierra.

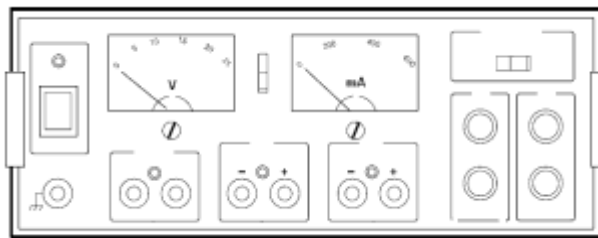


Fig. 50. Fuente Reguladora de Voltaje

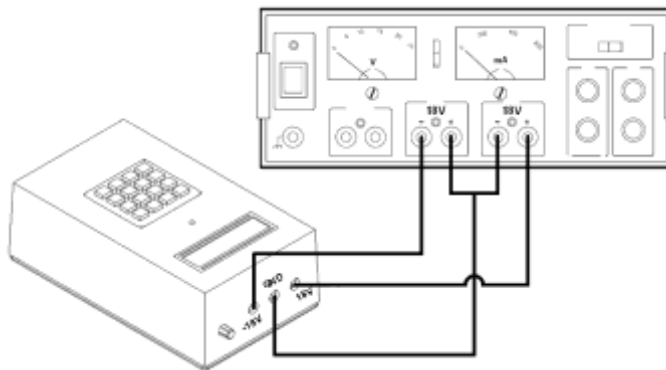


Fig. 51. Alimentación del Sistema, con la Fuente Reguladora

### 4.7.2. Circuito del Sistema.

- Diagrama de Bloques

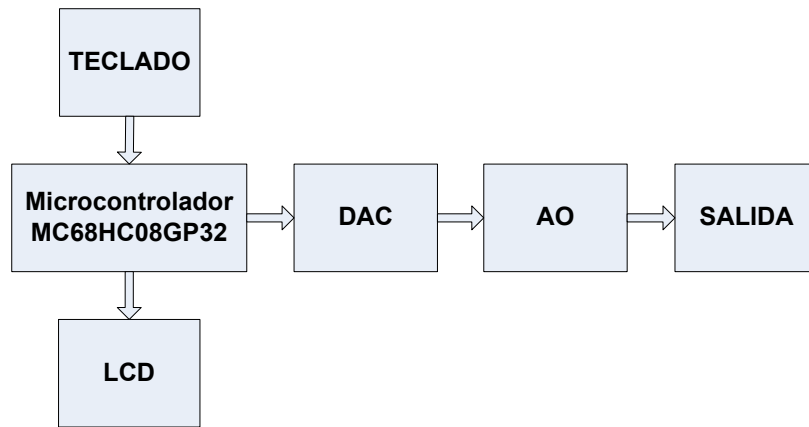


Fig. 52. Diagrama de Bloques del Circuito

LCD se enciende y espera señal del microcontrolador.  
 Teclado empieza a enviarle datos al Microcontrolador  
 Microcontrolador le envía datos al DAC, Teclado y LCD  
 DAC envía los datos al Amplificador

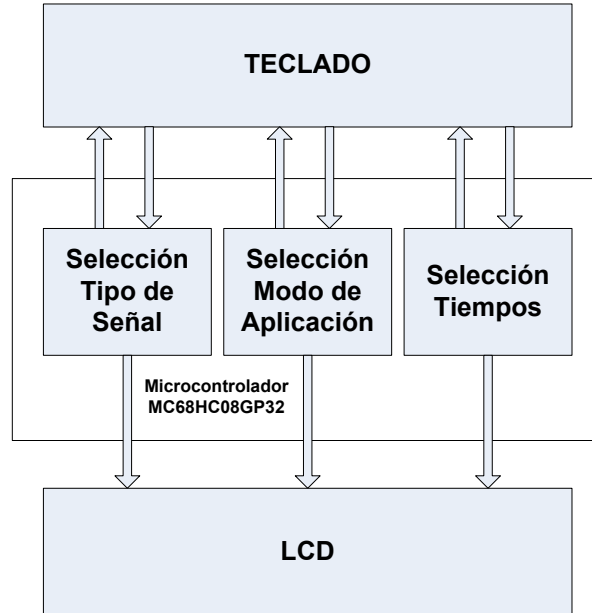


Fig. 53. Diagrama de Bloques del Microcontrolador

Se selecciona el Tipo de señal, y se muestra en el LCD

Se selecciona el Modo de Aplicación y se muestra en el LCD

Se seleccionan los tiempos, y se muestran en el LCD

- **Esquema del Circuito**

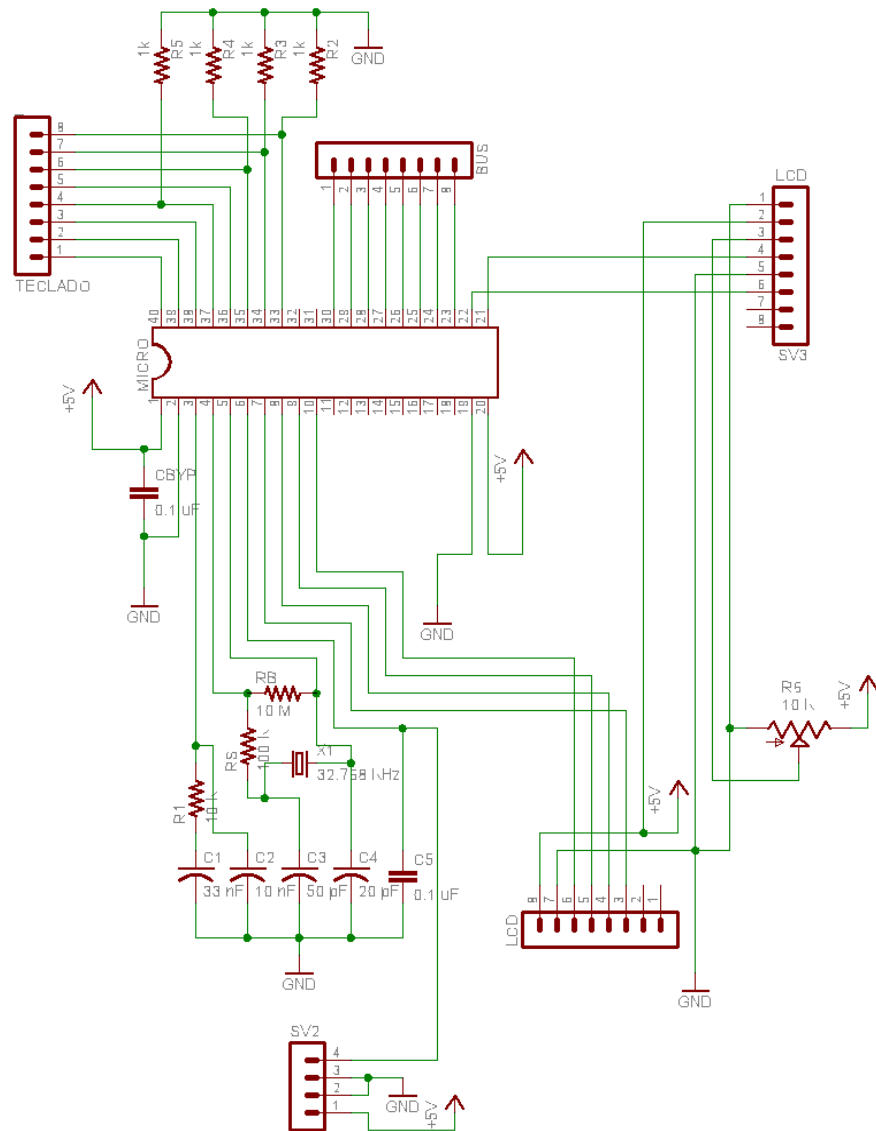


Fig. 54. Esquema del Circuito Microcontrolador – Teclado - LCD

El circuito anterior ilustra el microcontrolador con sus diferentes conexiones, cada bus, posee el nombre del dispositivo que conecta.

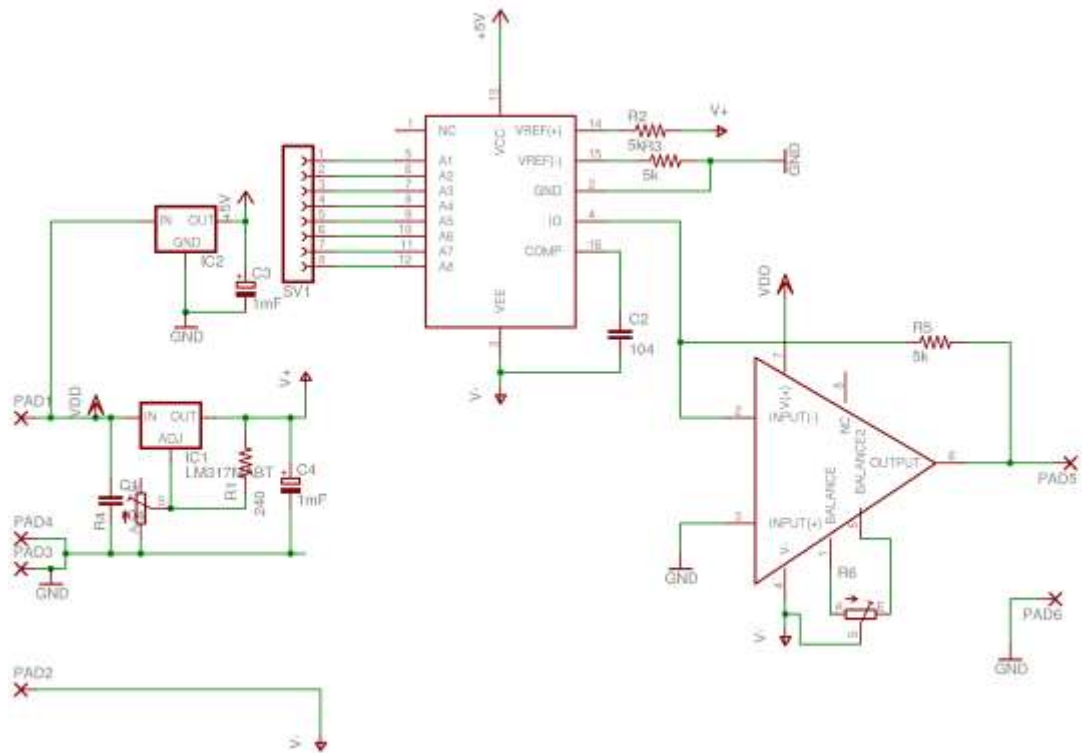


Fig. 55. Esquema del Circuito Conversor – Amplificador

El circuito anterior ilustra el esquema del conversor Digital/Análogo y el amplificador, es de aquí donde tomamos la señal de salida.

• **Lista de Componentes**

- |                                     |                                 |
|-------------------------------------|---------------------------------|
| 1 diodo LED                         | 1 LF351N                        |
| 1 Conversor Digital/Análogo DAC0808 | 1 Cristal de 32.768 Mhz         |
| 1 Regulador de Voltaje 78MO5        | 1 Microcontrolador MC68HC08GP32 |
| 1 Amplificador Operacional LM317T   | 1 Potenciometro 100 KΩ          |
|                                     | 2 Condensadores de 1μF          |

4 Condensadores de 0.1  $\mu$ F  
 1 Condensador de 10 nF  
 1 Condensador de 50 pF  
 1 Condensador de 20 pF  
 1 Condensador de 33 nF  
 3 Resistencias de 5 K $\Omega$

1 Resistencia de 240  $\Omega$   
 4 Resistencias de 1 K $\Omega$   
 1 Resistencia de 240  $\Omega$   
 1 Resistencia de 10 K $\Omega$   
 1 Resistencia de 10 M $\Omega$

• **Circuitos Impresos**

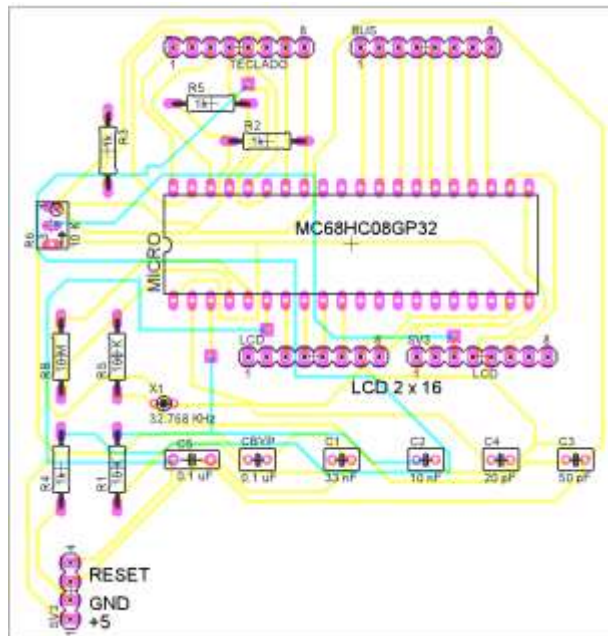


Fig. 56. Circuito Impreso Microcontrolador – Teclado - LCD

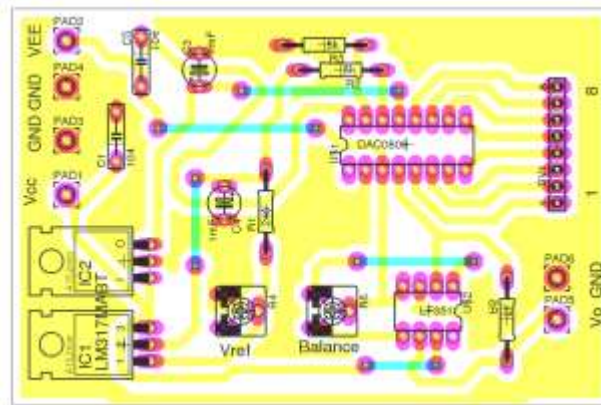


Fig. 57. Circuito Impreso Conversor – Amplificador

#### 4.7.3. Partes del Sistema.

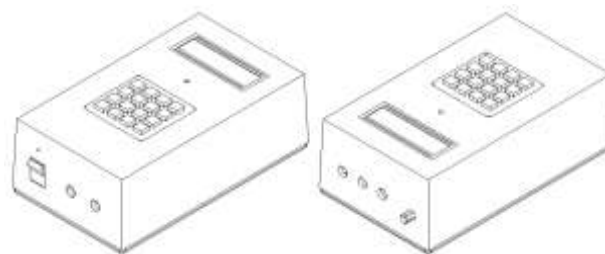


Fig. 58. Dispositivo

- Vista frontal

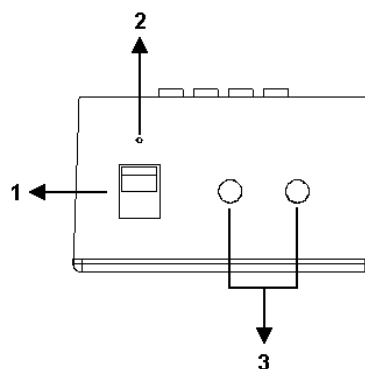


Fig. 59. Vista Frontal

### 1. Switch ON/OFF

Nos permite encender y/o apagar el dispositivo.

### 2. LED de Power

Al presionar el switch el LED se enciende, Indicando que el dispositivo se encuentra encendido y listo para ser utilizado.

### 3. Salidas 1 y 2

Son los conectores de salida, el 1 es el voltaje de salida mientras que el 2 es la tierra, a uno de estos va conectada la aguja de acupuntura.

- **Vista posterior**

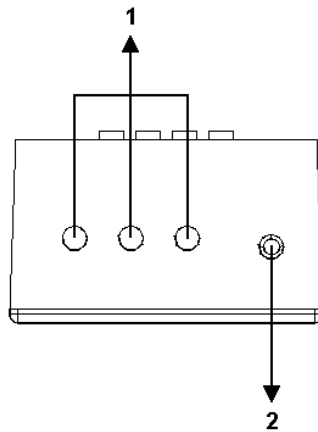


Fig. 60. Vista Posterior

### 1. Alimentación

La alimentación del dispositivo se realiza por medio de una fuente Regulada a 18 V, y a - 18 V, con sus respectivas tierras. El orden de conexión es 18V, Tierra (GND), - 18V.

### 2. Contraste

Nos permite graduar el contraste del LCD o Pantalla.

- **Vista superior**



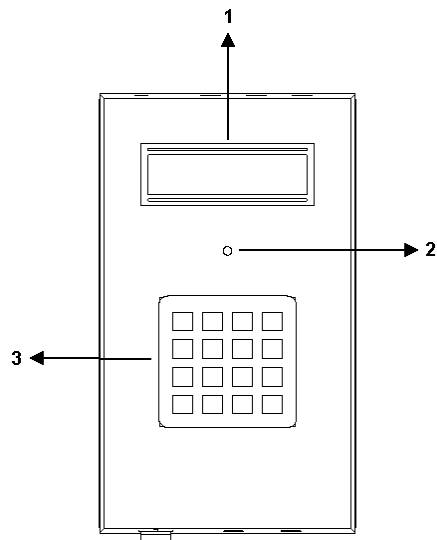


Fig. 61. Vista Superior

### **LCD o Pantalla**

Nos permite visualizar las diferentes opciones y menús para escoger la señal que se desea.

### **Botón RESET**

Al presionar el botón Reset volvemos al principio del programa, permitiendo culminar una terapia antes de tiempo.

### **Teclado**

Nos permite movernos entre los menús, para escoger la onda que se desea y el tipo de aplicación; además .escribir los tiempos de duración de las ondas.

### **• Medidor Adjunto**

Este dispositivo adjunto se conecta a la salida del electroestimulador, y desde aquí se pueden conectar los electrodos. Este dispositivo nos permite saber con exactitud los valores de voltaje y corriente que salen del dispositivo.

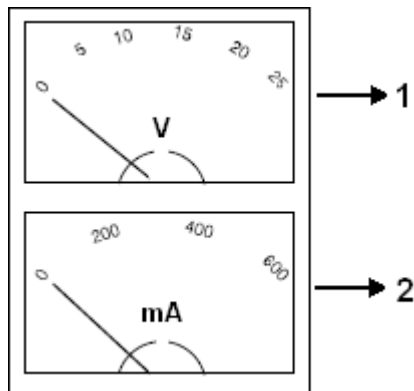


Fig. 62. Medidores

### Voltímetro

Nos permite visualizar el voltaje de salida del electroestimulador, el cual se encuentra entre 1,2V y 16,3V.

### Amperímetro

Nos permite visualizar la Intensidad de salida del electroestimulador, la cual esta dada en mA.

**4.7.4. Pruebas del Sistema.** A continuación se puede observar unas tablas que muestran las diferentes pruebas que se realizaron.

VALORES OBTENIDOS POR LA FORMULA $I=V/R$						
RESISTENCIA ( $\Omega$ )	VOLTAJE DE SALIDA (V)					
	1,2	5,0	10,0	12,0	15,0	16,3
150	8,00E-03	3,33E-02	6,67E-02	8,00E-02	1,00E-01	1,09E-01
220	5,45E-03	2,27E-02	4,55E-02	5,45E-02	6,82E-02	7,41E-02
470	2,55E-03	1,06E-02	2,13E-02	2,55E-02	3,19E-02	3,47E-02
680	1,76E-03	7,35E-03	1,47E-02	1,76E-02	2,21E-02	2,40E-02
1000	1,20E-03	5,00E-03	1,00E-02	1,20E-02	1,50E-02	1,63E-02
1200	1,00E-03	4,17E-03	8,33E-03	1,00E-02	1,25E-02	1,36E-02
1500	8,00E-04	3,33E-03	6,67E-03	8,00E-03	1,00E-02	1,09E-02
2000	6,00E-04	2,50E-03	5,00E-03	6,00E-03	7,50E-03	8,15E-03

<b>2700</b>	4,44E-04	1,85E-03	3,70E-03	4,44E-03	5,56E-03	6,04E-03
<b>3900</b>	3,08E-04	1,28E-03	2,56E-03	3,08E-03	3,85E-03	4,18E-03
<b>4700</b>	2,55E-04	1,06E-03	2,13E-03	2,55E-03	3,19E-03	3,47E-03

<b>VALORES OBTENIDOS POR CIRCUITO</b>						
	<b>VOLTAJE DE SALIDA (V)</b>					
<b>RESISTENCIA (<math>\Omega</math>)</b>	<b>1,2</b>	<b>5,0</b>	<b>10,0</b>	<b>12,0</b>	<b>15,0</b>	<b>16,3</b>
<b>150</b>	7,08E-03	3,20E-02	3,60E-02	NP	NP	NP
<b>220</b>	5,00E-03	2,20E-02	3,15E-02	NP	NP	NP
<b>470</b>	2,38E-03	9,30E-03	1,88E-02	NP	NP	NP
<b>680</b>	1,68E-03	6,60E-03	1,33E-02	1,58E-02	NP	NP
<b>1000</b>	9,60E-04	4,56E-03	9,17E-03	1,09E-02	NP	NP
<b>1200</b>	5,20E-04	3,70E-03	7,60E-03	9,05E-03	NP	NP
<b>1500</b>	4,20E-04	3,05E-03	6,12E-03	7,15E-03	NP	NP
<b>2000</b>	3,20E-04	2,30E-03	4,62E-03	5,52E-03	NP	NP
<b>2700</b>	2,40E-04	8,80E-04	3,44E-03	4,11E-03	5,18E-03	NP
<b>3900</b>	1,60E-04	6,40E-04	2,33E-03	2,79E-03	3,15E-03	NP
<b>4700</b>	1,30E-04	5,40E-04	1,94E-03	2,31E-03	2,84E-03	NP

## 5. CONCLUSIONES

Apoyándonos en las investigaciones desarrolladas acerca de las corrientes adecuadas para la electroestimulación, se logró implementar un algoritmo capaz de generar las señales propicias para realizar las terapias de forma óptima.

En el desarrollo del algoritmo se tuvieron en cuenta futuras aplicaciones y variantes al sistema de electroestimulación, como nuevos tipos de señales, y sus diferentes características, haciendo de éste un algoritmo flexible ante los diferentes tipos de uso de la electroestimulación.

Se implementaron las agujas de acupuntura que a su vez varía el método de aplicación, es decir, se logra hacer una electroestimulación directa sobre la zona afectada del paciente.

## 6. BIBLIOGRAFIA

[1] ANDERSON, S. A.; Hansson, G.; Holmgren, E.; Renberg, O. (1976): Evaluation of the pain suppressing effect of different frequencies of peripheral electrical stimulation in chronic pain conditions.

[2] DOROCHENKO P.I.- La electroestimulación en el tenis internacional: mito o realidad. Memoria presentada en la facultad de ciencias del deporte y de la educación física de Burdeos. Septiembre del 2000

[3] HOWSON, D. C. (1978): Peripheral Nerve Excitability, Implications for Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation. *Physical Therapy*, vol. 58, n.<sup>B</sup> 12.

[4] JHONSON M. I.; Ashton, C. H.; Bousfield, D. R.; Thompson, J. W. (1991a): Analgesic effects of different pulse patterns of transcutaneous electrical nerve stimulation on cold-induced pain in normal subjects. *Journal of Psycho-somatic Research* 35(2/3): 313-321.

[5] MALVINO, A P. *Principios De Electrónica*. Editorial McGraw-Hill. Quinta Edición. España 1993.

[6] RODEN, Martin S, Carpenter, Gordon L y Savant, C.J. "Diseño Electrónico". Prentice Hall. Segunda Edición, 1992.

[7] RODRÍGUEZ, José María. *Electroterapia en fisioterapia*. Editorial Médica Panamericana, 2000.

[8]SAVANT, Rodent, C. Diseño Electrónico Circuitos y Sistemas. Editorial Addison-Wesley Publishing Iberoamericana. 1a. ed. En español EE.UU. 1992

[9]TOCCI, R J. Sistemas Digitales, Principios y Aplicaciones. Editorial Pearson Educación. Sexta Edición. 2000

[10]WILLIAMS, A B. Manual de circuitos integrados: Selección, diseño y aplicaciones. Editorial McGRAW-HILL, México. 1992.

### **8.1 Paginas Consultadas**

<http://www.salud.bioetica.org/acupuntura.htm>

<http://www.acupuntura.bz>

[http://www.edupiel.com/art\\_electroestimulacion.asp](http://www.edupiel.com/art_electroestimulacion.asp)

<http://www.electroterapia.com/>

<http://miguelef.iespana.es/miguel.htm>

<http://www.electronicafacil.net/tutoriales/tutorial166.html>

<http://www.tece.cu/electroestimuladores/classico.htm>

<http://www.textoscientificos.com>

## 7. ANEXO A

### Codigo fuente

```
*****
*   CONEXION DEL LCD - BUS DE 4 BITS -   *
*PUERTOC  PORTC0-PORTC3 BUS DE DATOS      *
*PUERTOD  PORTD5  ENABLE                    *
*   PORTD4  RS                               *
*PUERTOA  TECLADO  NIBLE ALTO COLUMNAS    *
*   NIBLE BAJO FILA                          *
*   C4-C3-C2-C1-F1-F2-F3-F4                *
*                                           *
*PUERTOB  CONVERTOR DAC                      *
*****

$Include 'gpgtregs.inc'

*****
*****DEFINICIONES*****

INICIO_FLASH EQU $8000 ;INICIO DE LA MEMORIA FLASH
INICIO_RAM   EQU $0040 ;INICIO DE LA MEMORIA RAM
VECTOR_RESET EQU $FFFE ;DIRECCION DEL VECTOR RESET
TIMER1      EQU $FFF2 ;DIRECCION VECTOR DEL TIMER1
TIMER2      EQU $FFEC ;DIRECCION TIMER2
TMB_INT     EQU $FFDC ;INTERRUPCION DE TIME BASE MODULE
ACRONIMO=TMB
COPD       EQU 0   ;COPD BIT CERO DEL CONFIG1
E          EQU 5   ;PUERTO B3 HABILITAR ENVIO AL LCD
```

```

RS      EQU 4   ;PUERTO B2 COMANDO O CARACTER DEL LCD
PLLIE   EQU 7   ;PLL INTERRUPT ENABLE BIT 1=ENABLED
PLLON   EQU 5   ;PLL ON BIT 1=ON
BCS     EQU 4   ;SELECTOR DE BASE VCO O CRISTAL
AUTO    EQU 7   ;1= AUTOMATIC BANDWIDTH CONTROL BIT
LOCK    EQU 6   ;BIT QUE VERIFICA SI LA FRECUENCIA SELECCIONADA ES
CORRECTA 1=CORRECTA
TBON    EQU 1   ;DES Y HABILITA EL TMB
*****
*****\VARIABLES EN RAM*****
      ORG  INICIO_RAM

DATO    RMB 1   ;VARIABLE PARA EL DATO A SER ENVIADO AL LCD
CONT    RMB 1   ;CONTADOR DEL PUNTERO DE LA FRASE
TIPO    RMB 1   ;VARIABLE PARA SELECCIONAR RS=1 CARACTER, RS=0
INSTRUCCION. TIPO=RS
TEMP    RMB 1   ;VARIABLE PARA CALCULOS TEMPORALES
TECLA   RMB 1   ;GUARDO LA TECLA PULSADA
MENU    RMB 1   ;VARIABLE PARA EL MENU
SUBMENU RMB 1   ;VARIABLE PARA UBICAR EL SUBMENU
MODO    RMB 1   ;VARIABLE PARA UBICAR EL MODO
C_VR1   RMB 1   ;CONTADOR VAIALE1 POSICION EN UNIDADES,
DECENAS,CENTENAS,ETC....
C_VR2   RMB 1   ;CONTADOR VAIALE1 POSICION EN UNIDADES,
DECENAS,CENTENAS,ETC....
C_VR3   RMB 1   ;CONTADOR VAIALE1 POSICION EN UNIDADES,
DECENAS,CENTENAS,ETC....
C_VR4   RMB 1   ;CONTADOR VAIALE1 POSICION EN UNIDADES,
DECENAS,CENTENAS,ETC....
ESTADO1 RMB 1
ESTADO2 RMB 1
ESTADO3 RMB 1
TR      RMB 5   ;TIEMPO DE REPOSO (mseg)

```



```

TP      RMB  5 ;TIMEPO DE PULSO (mseg)
TTP     RMB  5 ;TIEMPO DE PAUSA (mseg)
TT      RMB  5 ;TIEMPO DE TREN (mseg)
UNIDADES RMB  1 ;TEMPORAL UNIDADES
DECENAS  RMB  1 ;TEMPORAL DECENAS
CENTENAS RMB  2 ;TEMPORAL CENTENAS
MILES    RMB  2 ;TEMPORAL MILES
RTA      RMB  2 ;VALOR CONVERTIDO DE ASCII -> HEX
RESOL    RMB  2

```

\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\*PROGRAMA PRINCIPAL\*\*\*\*\*

ORG INICIO\_FLASH

```

TABLA_TECLADO FCB %11011110 ;0 -- $DE
              FCB %11100111 ;1 -- $E7
              FCB %11010111 ;2 -- $D7
              FCB %10110111 ;3 -- $B7
              FCB %11101011 ;4 -- $EB
              FCB %11011011 ;5 -- $DB
              FCB %10111011 ;6 -- $BB
              FCB %11101101 ;7 -- $ED
              FCB %11011101 ;8 -- $DD
              FCB %10111101 ;9 -- $BD
              FCB %11101110 ;A=>Aceptar $EE
              FCB %10111110 ;B=>Cancelar $BE
              FCB %01111110 ;C=>Borrar $7E
              FCB %01111101 ;D      $7D
              FCB %01111011 ;E=>Anterior $7B
              FCB %01110111 ;F=>Siguiete $77
              FCB $04

```

```

BLANCO      FCB '      ' ;USO PARA LIMPIAR LA LINEA

```

```

FCB $04 ;CARACTER ASCII - EOT O FINAL DE FRASE
MENU1 FCB 'TIPO DE SENAL' ;ESCRIBO LOS TITULOS A SER ENVIADOS,
SON GRABADOS EN LA MEMORIA FLASH
FCB $04 ;CARACTER ASCII - EOT O FINAL DE FRASE
MENU2 FCB 'MODO APLICACION'
FCB $04
SUBMENU1 FCB 'CUADRADA MONO'
FCB $04
SUBMENU2 FCB 'CUADRADA BI'
FCB $04
SUBMENU3 FCB 'TRIANGULAR MONO'
FCB $04
SUBMENU4 FCB 'TRIANGULAR BI'
FCB $04
MODO1 FCB 'PULSO AISLADO'
FCB $04
MODO2 FCB 'PULSO MANTENIDO'
FCB $04
MODO3 FCB 'TREN DE PULSOS'
FCB $04
VAR1 FCB 'TIEMPO DE REPOSO'
FCB $04
VAR2 FCB 'TIEMPO DE PULSO'
FCB $04
VAR3 FCB 'TIEMPO DE PAUSA'
FCB $04
VAR4 FCB 'TIEMPO DE TREN'
FCB $04
ABR1 FCB 'TR(ms)='
FCB $04
ABR2 FCB 'TP(ms)='
FCB $04
ABR3 FCB 'TTP(ms)='

```

```

FCB $04
ABR4 FCB 'TT(ms)='
FCB $04
EJEC FCB 'GENERANDO SENAL'
FCB $04

```

```

INICIO BSET COPD,CONFIG1 ;DESACTIVA EL PERRO GUARDIAN
BSR PLLSETUP ;SUBROUTINA DE CONFIGURACION DEL MODULO
GENERADOR DE RELOJ
;X-TAL OSCILADOR DE 32.768 KHz, FRECUENCIA
CONFIGURADA DE 8MHz
MOV #$FF,DDRC ;CONFIGURA EL PUERTO C COMO SALIDA
CLR PORTC ;LIMPIO PUERTOC, PORTC=$00
MOV #$FF,DDRD ;PUERTO D COMO SALIDA
CLR PORTD
MOV #$FF,DDRB ;PUERTO B DE SALIDA PARA LA SEÑAL
CLR PORTB
CLRA ;LIMPIO ACUMULADOR
CLR H ;LIMPIO H:X - ACUMULADOR DE 16 BITS DE LAS CPU08
CLR X
BSR INICIO_LCD ;RUTINA DE INCIO DEL LCD BUS 4 DOBLE LINEA
LDHX #MENU1 ;carga el apuntador a mensaje1
JSR PALABRA
JSR SEGUNDA ;posiciono lcd en la segunda linea
LDHX #SUBMENU1
JSR PALABRA
MOV #$01,MENU ;MENU=1
MOV #$01,SUBMENU ;SUBMENU=1
MOV #$F0,DDRA ;PUERTO A TECLADO NIBLE ALTO=SALIDA,NIBLE
BAJO DE ENTRADA
ACA MOV #%01111111,PORTA ;PONGO EL CERO EN LA COLUMNA4
JSR TECLADO

```

```

MOV  #%10111111,PORTA  ;PONGO EL CERO EN LA COLUMNA3
JSR  TECLADO
MOV  #%11011111,PORTA  ;PONGO EL CERO EN LA COLUMNA2
JSR  TECLADO
MOV  #%11101111,PORTA  ;PONGO EL CERO EN LA COLUMNA1
JSR  TECLADO
BRA  ACA                ;SALTE A ACA

```

\*\*\*\*\*

```

*****CONFIGURACION DEL PLL CGMC CLOCK GENERATOR
MODULE*****

```

```

PLLSETUP: BCLR  PLLIE,PCTL  ;DESHABILITA LAS INTERRUPCIONES DEL PLL
          BCLR  BCS,PCTL    ;SELECCIONA AL CRISTAL COMO REFERENCIA DE
          ;RELOJ YA QUE SE DEBE DESACTIVAR EL PLL
          BCLR  PLLON,PCTL  ;PLL OFF SE DEBE APAGAR PARA CONFIGURAR
          MOV   #$02,PCTL   ;VALORES DE P=0, E=0
          MOV   #$D0,PMRS   ;VALOR DE L=0xD0
          MOV   #$03,PMSH
          MOV   #$D1,PMSL   ;VALOR DE N=0x03D1
          BSET  AUTO,PBWC   ;CONTROL DE PULSO AUTOMATICO
          BSET  PLLON,PCTL  ;PLL ENCENDIDO
          BRCLR LOCK,PBWC,* ;ESPERA QUE LOCK PASE A 1, PARA INDICAR LA
ESTABILIZACIÓN
          ;DE LA FRECUENCIA DE BUS SELECCIONADA (8MHz)
          BSET  BCS,PCTL    ;SELECCIONA AL PLL COMO FRECUENCIA DE BUS
INTERNA
          RTS

```

\*\*\*\*\*

```

*****ESPERA=30Ms*****

```

```

*****TIEMPO DE ESCANEO DE TECLADO*****

```

```

RETARDO_30 BSR  RETARDO_5    ;5ms DE RETARDO_5

```

```

BSR RETARDO_5
BSR RETARDO_5
BSR RETARDO_5
BSR RETARDO_5
BSR RETARDO_5
RTS

```

\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\*RUTINA DE INCIO DEL LCD - BUS 4 BITS\*\*\*\*\*

```

INICIO_LCD CLRA
    CLRH
    CLRX
    BSR RETARDO_30 ;ESPERO 30 MS
    MOV #$00, TIPO ;SELECCIONO TIPO INSTRUCCIÓN
    MOV #$33, DATO ;SE ENVIA DOS VECES LA CONF A 8 BIT PARA
ASEGURAR CONFIGURACION 4 BIT
    BSR ENVIAR ;SE ENVIA EL DATO
    MOV #$33, DATO ;SE ENVIA DOS VECES LA CONF A 8 BIT PARA
ASEGURAR CONFIGURACION 4 BIT
    BSR ENVIAR ;SE ENVIA EL DATO
    MOV #$02, PORTC ;SEGUNDA CONF A 4 BIT SE ENVIA UN SOLO
NIBLE
    BSR FLANCO
    MOV #$28, DATO ;CONF A 4 BIT 2 LINEAS
    BSR ENVIAR ;ENVIA EL DATO
    MOV #$0C, DATO ;ENCIENDO PANTALLA, CURSOR ON/BLINK
    BSR ENVIAR
    BSR HOME ;LIMPIO LA PANTALLA Y CURSOR A HOME
    RTS ;RETORNA DE RUTINA

```

\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\*RETARDO\_5 POR SOFTWARE DE 5ms Fbus=8MHZ\*\*\*\*\*

```

RETARDO_5 PSHH ;PONE REGISTRO H:X EN EL STACK

```

```

        PSHX
        PSHA          ;PONE EL ACUMULADOR ES EL STACK PARA NO PERDER EL
VALOR
        LDHX #$000A   ;CARGA EL H:X CON UN VALOR A ITERAR
LOOP    LDA  #$F7     ;A=F7
LOOP1   DECA          ;DECREMENTA A
        BNE  LOOP1    ;SI A!=0 REGRESA A LOOP1 SI NO CONTINUE Y
DECREMENTE H:X
        AIX  #-1      ;SUME -1 AL REGISTRO H:X
        CPHX #$0      ;COMPARE H:X CON 0
        BNE  LOOP     ;SI NO ES IGUAL SALE A LOOP, DE OTRO MODO CONTINUE
Y FINALIZE
        PULA          ;TOMA EL VALOR DE A DEL STACK
        PULH          ;TOMA REGISTRO H:X DEL STACK
        PULX
        RTS           ;REGRESA DE SUBRUTINA

```

\*\*\*\*\*

\*\*\*\*RUTINA QUE ENVIA UNA INSTRUCCION O

PALABRA\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\*NECESITA LA LETRA O INSTTRUCCION EN LA VARIABLE DATO Y

TIPO\*\*\*\*\*

```

ENVIAR   LDA    DATO      ;CARGO LA VARIABLE A ENVIAR
         NSA          ;NIBLE SWAP YA QUE SE USA LSB DE PTC
         STA    DATO      ;LO GUARDO
         STA    PORTC     ;INGRESO EL VALOR AL PUERTOC
         LDA    TIPO      ;CARGA EL TIPO TIPO=0 INSTRUCCION, TIPO=1

```

CARACTER

```

         BCLR   RS,PORTD  ;RS=0 INSTRUCCION
         CBEQA  #$00,LISTO ;SI ES CERO SALTE EL SETEO DE RS, YA QUE RS
YA ESTA EN CERO
         BSET   RS,PORTD  ;SI TIPO ES 1 HACE ESTA INSTRUCCION
LISTO    BSR    FLANCO    ;VA HA LA RUTINA QUE REALIZA EL FLANCO

```

```

LDA    DATO    ;carga el dato a A para hacer swap
NSA                    ;NIBLE SWAP, ENVIO EL NIBLE BAJO
STA    PORTC   ;INGRESO DEL VALOR AL PUERTO
BSR    FLANCO  ;VA HA LA RUTINA QUE REALIZA EL FLANCO
RTS

```

\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\*RUTINA DE FLANCO\*\*\*\*\*

```

FLANCO    BSET    E,PORTD  ;E=1 sube el bit para habilitar intruccion al flanco
de bajada

```

```

BSR    RETARDO_5
BCLR    E,PORTD  ;envia la instruccion con el flanco descendente
BSR    RETARDO_5
RTS

```

\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\*RUTINA PARA UBICAR EL CURSOR EN LA SEGUNDA LINEA Y LIMPIARLA\*\*\*\*\*

```

SEGUNDA    mov    #$C0,DATO  ;ubico lcd en la segunda linea
MOV    #$00,TIPO  ;TIPO INTRUCCION
BSR    ENVIAR
LDHX    #BLANCO    ;carga el apuntador a mensaje1
JSR    PALABRA
mov    #$C0,DATO  ;ubico lcd en la segunda linea
MOV    #$00,TIPO  ;TIPO INTRUCCION
BSR    ENVIAR
RTS

```

\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\*RUTINA PARA UBICAR BORRAR HE IR A HOME\*\*\*\*\*

```

HOME    mov    #$01,DATO  ;ubico lcd en HOME

```

```

MOV    #$00, TIPO    ;TIPO INSTRUCCION
BSR    ENVIAR
RTS

```

\*\*\*\*\*RUTINA PARA ENVIAR PALABRA\*\*\*\*\*

```

PALABRA    lda    ,X            ;Load character
            MOV    #$01, TIPO    ;SELECCIONA TIPO CARACTER
            CMP    #$04            ;busca final de palabra ASCII EOT
            BEQ    aca2            ;final palabra
            sta    dato
            JSR    ENVIAR        ;envia el caracter al lcd
            AIX    #$01            ;siguiente letra
            BRA    PALABRA

```

```

ACA2      RTS

```

\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\*RUTINA ANTI-REBOTE DEL TECLADO\*\*\*\*\*

```

REBOTE    JSR    RETARDO_30
OTRO      LDA    PORTA            ;CARGA EL PUERTO
            AND    #$0F            ;BORRO EL NIBLER BAJO
            CMP    #$0F            ;SI TODAS LAS FILAS SON UNO FINALIZE
            BEQ    SALIR
            BRA    OTRO
SALIR     BSR    RETARDO_300
RTS

```

```

RETARDO_300 JSR    RETARDO_30
            JSR    RETARDO_30
            JSR    RETARDO_30
            JSR    RETARDO_30
            JSR    RETARDO_30
            JSR    RETARDO_30

```



```

JSR RETARDO_30
JSR RETARDO_30
JSR RETARDO_30
RTS

```

```
*****
```

```
*****RUTINA DE INTERRUPCION DE TECLADO*****
```

```

TECLADO  LDA  PORTA          ;OPTENGO EL PUERTO DEL TECLADO
          STA  TECLA          ;GUARDO LA TECLA PULSADA
          LDHX #TABLA_TECLADO
BUSCA    lda  ,X             ;CARGA EQUIVALENCIA DEL TECLADO
          CMP  TECLA
          BEQ  DETECTADA
          CMP  #$04
          BEQ  NO_TABLA      ;NO ENCONO EQUIVALENCIA
          AIX  #$01
          BRA  BUSCA
NO_TABLA RTS

DETECTADA TXA                ;GUARDO EL CONTADOR X
           STA  TECLA          ;GUARDO LA TECLA DE LA TABLA CONVERTIDA A
LA LISTA DE 0-F
           LDA  MENU          ;CARGO EL MENU PARA SABER EN DONDE ESTOY
           CBEQA #$01,SELECCIONA_SUB ;SI MENU ES 1 ESTOY EN SELECCIONA
LA SENAL
           CBEQA #$02,SELECCIONA_MOD ;SI ES MENU 2 ESTOY EN MODO
APLICACION
           CBEQA #$03,VARIABLE1    ;SI ES MENU=3 PIDO LOS VALORES DE LAS
VARIABLES TR
           CBEQA #$04,VARIABLE2    ;SI ES MENU=4 PIDO LOS VALORES DE LAS
VARIABLES TP

```

CBEQA #\$05,VARIABLE3 ;SI ES MENU=5 PIDO LOS VALORES DE LAS  
VARIABLES TTP

CBEQA #\$06,VARIABLE4 ;SI ES MENU=6 PIDO LOS VALORES DE LAS  
VARIABLES TT

RTS

VARIABLE1 JMP VARIABLE1\_1

VARIABLE2 JMP VARIABLE2\_1

VARIABLE3 JMP VARIABLE3\_1

VARIABLE4 JMP VARIABLE4\_1

\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\*RUTINAS DEL SUBMENU\*\*\*\*\*

SIGUIENTE\_SUB LDA SUBMENU ;CARGA EL SUBMENU

INCA ;INCREMENTA A

CMP #\$05 ;SON 4 SUBMENUS DEL 1 A 4

BNE SALTA\_SS ;SI NO ES IGUAL EL EL VALOR ESTA ENTRE 1 Y 4 Y

SALTE EL REINICIO DE SUBMENU

LDA #\$01 ;SI ES 5 ENTONCES REGRESO AL MENU0

SALTA\_SS STA SUBMENU ;GUARDO EL SUBMENU ESCOJIDO

JSR MUESTRA\_SUB ;YA TENGO EL SUBMENU, LO MUESTRO

JSR REBOTE

RTS

ANTERIOR\_SUB LDA SUBMENU ;CARGA EL SUBMENU

DECA ;DECREMENTA A

CMP #\$00 ;SON 4 SUBMENUS DEL 4 AL 1 SI ES CERO PONGO 4

BNE SALTA\_SA ;SI NO ES IGUAL EL EL VALOR ESTA ENTRE 4 Y 1 Y

SALTE EL REINICIO DE SUBMENU

LDA #\$04 ;SI ES 0 ENTONCES REGRESO AL MENU4

SALTA\_SA STA SUBMENU ;GUARDO EL SUBMENU ESCOJIDO

```
JSR  MUESTRA_SUB ;YA TENGO EL SUBMENU, LO MUESTRO
JSR  REBOTE
RTS
```

```
ACEPTA_SUB  INC  MENU      ;INCREMENTO MENU
JSR  MUESTRA_MENU
MOV  #$01,MODO  ;CARGO MODO=1
LDA  SUBMENU   ;CARGO EL SUBMENU
CBEQA #$01,NORMAL ;SI ES SEÑAL MONO MUESTRE LOS 3 MENUS
DE SEÑALES
CBEQA #$03,NORMAL
MOV  #$02,MODO  ;SI NO ES SEÑAL BI SOLO SE PERMITEN PULSOS
MANTENIDOS
NORMAL      JSR  MUESTRA_MODAL
JSR  REBOTE
RTS
```

\*\*\*\*\*

```
SELECCIONA_SUB LDA  TECLA      ;RECARGO LA TECLA PULSADA
CBEQA #$0F,SIGUIENTE_SUB ;SI ES LA TECLA F SIGUIENTE
SUBMENU
```

```
CBEQA #$0E,ANTERIOR_SUB ;SI ES LA TECLA E ANTERIOR
SUBMENU
```

```
CBEQA #$0A,ACEPTA_SUB ;SI ES A=>ACEPTAR AUMENTA MENU
RTS
```

```
SELECCIONA_MODAL LDA  TECLA      ;RECARGO LA TECLA PULSADA
CBEQA #$0F,SIGUIENTE_MODAL ;SI ES LA TECLA F SIGUIENTE MODO
CBEQA #$0E,ANTERIOR_MODAL ;SI ES LA TECLA E ANTERIOR MODO
CBEQA #$0A,ACEPTA_MODAL ;SI ES A=>ACEPTAR AUMENTA MODO
CBEQA #$0B,CANCELA_MODAL ;SI ES B=>REGRESO A ESCOGER
```

SEÑAL

```
                RTS                ;SI NO ES NINGUNA DE LAS ANTERIORES NO HAGA
NADA
```

```
SIGUIENTE_MOD  JMP  SIGUIENTE_MOD1
ANTERIOR_MOD    JMP  ANTERIOR_MOD1
ACEPTA_MOD      JMP  ACEPTA_MOD1
CANCELA_MOD     JMP  CANCELA_MOD1
```

```
VARIABLE1_1    LDA  TECLA            ;RECARGO LA TECLA PULSADA
                CMP  #$09            ;SI ES MENOS QUE 9
                BLS  RECIBE1
                CBEQA #$0A,ACEPTA_V1 ;SI ES A=>ACEPTAR SIGUIENTE
VARIABLE
                CBEQA #$0B,CANCELA_V1 ;SI ES B=>REGRESO A ESCOGER
MODO
                RTS
```

```
RECIBE1        JMP  RECIBE1_1
ACEPTA_V1      JMP  ACEPTA_V1_1
CANCELA_V1     JMP  CANCELA_V1_1
```

```
VARIABLE2_1    LDA  TECLA            ;RECARGO LA TECLA PULSADA
                CMP  #$09            ;SI ES MENOS QUE 9
                BLS  RECIBE2
                CBEQA #$0A,ACEPTA_V2 ;SI ES A=>ACEPTAR SIGUIENTE
VARIABLE
                CBEQA #$0B,CANCELA_V2 ;SI ES B=>REGRESO A ESCOGER
MODO
                RTS
```

```
RECIBE2        JMP  RECIBE2_1
ACEPTA_V2      JMP  ACEPTA_V2_1
```

CANCELA\_V2    JMP    CANCELA\_V2\_1

VARIABLE3\_1    LDA    TECLA            ;RECARGO LA TECLA PULSADA  
                  CMP    #\$09            ;SI ES MENOS QUE 9  
                  BLS    RECIBE3  
                  CBEQA  #\$0A,ACEPTA\_V3    ;SI ES A=>ACEPTAR SIGUIENTE

VARIABLE

                  CBEQA  #\$0B,CANCELA\_V3    ;SI ES B=>REGRESO A ESCOGER

MODO

                  RTS

RECIBE3        JMP    RECIBE3\_1

ACEPTA\_V3      JMP    ACEPTA\_V3\_1

CANCELA\_V3     JMP    CANCELA\_V3\_1

VARIABLE4\_1    LDA    TECLA            ;RECARGO LA TECLA PULSADA  
                  CMP    #\$09            ;SI ES MENOS QUE 9  
                  BLS    RECIBE4  
                  CBEQA  #\$0A,ACEPTA\_V4    ;SI ES A=>ACEPTAR SIGUIENTE

VARIABLE

                  CBEQA  #\$0B,CANCELA\_V4    ;SI ES B=>REGRESO A ESCOGER

MODO

                  RTS

RECIBE4        JMP    RECIBE4\_1

ACEPTA\_V4      JMP    ACEPTA\_V4\_1

CANCELA\_V4     JMP    CANCELA\_V4\_1

\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\*RUTINAS DEL MODO\*\*\*\*\*

SIGUIENTE\_MOD1    LDA    SUBMENU    ;CARGO EL SUBMENU

                  CBEQA  #\$01,NORMAL1 ;SI ES SEÑAL MONO MUESTRE LOS 3 MENUS  
DE SEÑALES

CBEQA #\$03,NORMAL1

RTS

NORMAL1 LDA MODO ;CARGA EL MODO

INCA ;INCREMENTA A

CMP #\$04 ;SON 3 SUBMENUS DEL 1 A 3

BNE SALTA\_MS ;SI NO ES IGUAL EL EL VALOR ESTA ENTRE 1 Y 3 Y

SALTE EL REINICIO DE MODO

LDA #\$01 ;SI ES 4 ENTONCES REGRESO AL MODO0

SALTA\_MS STA MODO ;GUARDO EL MODO

JSR MUESTRA\_MODO ;YA TENGO EL MODO, LO MUESTRO

JSR REBOTE

RTS

ANTERIOR\_MOD1 LDA SUBMENU ;CARGO EL SUBMENU

CBEQA #\$01,NORMAL2 ;SI ES SEÑAL MONO MUESTRE LOS 3 MENUS

DE SEÑALES

CBEQA #\$03,NORMAL2

RTS ;SI NO ES SEÑAL SOLO PERIMITE PULSO MANTENIDO

NORMAL2 LDA MODO ;CARGA EL MODO

DECA ;DECREMENTA A

CMP #\$00 ;SON 3 MODO DEL 3 AL 1 SI ES CERO PONGO 3

BNE SALTA\_MA ;SI NO ES IGUAL EL EL VALOR ESTA ENTRE 3 Y 1 Y

SALTE EL REINICIO DE MODOS

LDA #\$03 ;SI ES 0 ENTONCES REGRESO AL MODO

SALTA\_MA STA MODO ;GUARDO EL MODO

JSR MUESTRA\_MODO ;YA TENGO EL MODO, LO MUESTRO

JSR REBOTE

RTS

CANCELA\_MOD1 DEC MENU ;DECREMENTO MENU

JSR MUESTRA\_MENU

```

LDA  SUBMENU    ;RECARGO EL SUBMENU
JSR  MUESTRA_SUB
JSR  REBOTE
RTS

```

```

ACEPTA_MOD1    INC  MENU        ;INCREMENTO MENU
JSR  HOME      ;LIMPIO LA PANTALLA
LDHX #VAR1     ;APUNTO A LA CADENA SUBMENU1 IGUAL PARA

```

LAS DEMAS RUTINAS

```

JSR  PALABRA   ;ENVIO LA PALABRA
JSR  SEGUNDA   ;PASO A SEGUNDA LINEA LCD
LDHX #ABR1     ;LOCALIZO AVREVIATURA
JSR  PALABRA   ;ENVIO LA ABREVIATURA
CLR  C_VR1     ;LIMPIO EL CONTADOR VARIABLE 1 AL 4
CLR  C_VR2
CLR  C_VR3
CLR  C_VR4
JSR  REBOTE
RTS

```

\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\*RUTINAS VARIABLE1 TR\*\*\*\*\*

```

RECIBE1_1    CLRH
INC  C_VR1     ;INCREMENTO CONTADOR VARIABLE2
LDX  C_VR1     ;PONGO EL INDICE
LDA  TECLA     ;RECARGO LA TECLA PULSADA
STA  TR-1,X    ;GUARDA EL NUMERO EN EL VECTOR
ADD  #$30      ;PASA A NUMERO ASCII
MOV  #$01, TIPO ;SELECCIONO TIPO CARACTER
STA  DATO      ;GUARDO LA TECLA
JSR  ENVIAR    ;LA MUESTRO EN LE LCD
JSR  REBOTE
RTS

```

```

ACEPTA_V1_1  LDA  MODO          ;CARGO EL MODO
              CBEQA #$01,VERF_PA  ;SI ES PULSO AISLADOS TR>1 SEG,
CUATRO CIFRAS, SINO TR<1 TRES CIFRAS
              BRA  VERF_OTROS      ;RUTINA DE VERIFICACION DE

VERF_PA      LDA  C_VR1          ;CARGO EL CONTADOR DE CIFRAS
              CBEQA #$04,TOHEXA1  ;SI SON 4 CIFRAS ACEPTE EL VALOR
TR>1SG
              RTS                ;SI NO NO HAGA NADA

VERF_OTROS   LDA  C_VR1          ;CARGO EL CONTADOR DE CIFRAS
              CMP  #$03           ;SI ES DE 3 CIFRAS
              BLS  MAYOR_0        ;SI: A VERIFICAR SI C_VR1 MAYOR QUE 0
              RTS                ;NO: TERMINE

MAYOR_0      LDA  C_VR1          ;CARGA EL CONTADOR
              CMP  #$01           ;MAYOR IGUAL A 1 (Y MENOR QUE 3)
              BHS  TOHEXA1        ;SI, ACEPTE
              RTS                ;no; TERMINE

CANCELA_V1_1 DEC  MENU
              JSR  MUESTRA_MENU
              JSR  MUESTRA_MODALO
              JSR  REBOTE
              RTS

OK1_1        INC  MENU          ;INCREMENTO MENU
              JSR  HOME           ;LIMPIO LA PANTALLA
              LDHX #VAR2          ;APUNTO A LA CADENA SUBMENU IGUAL PARA
LAS DEMAS RUTINAS
              JSR  PALABRA        ;ENVIO LA PALABRA
              JSR  SEGUNDA        ;PASO A SEGUNDA LINEA LCD
              LDHX #ABR2          ;LOCALIZO AVREVIATURA

```



```

JSR  PALABRA      ;ENVIO LA ABREVIATURA
CLR  C_VR2        ;LIMPIO EL CONTADOR VARIABLE 2
JSR  REBOTE
RTS

```

```

TOHEXA1      BSR  LIMPIA_VALORES
LDX  C_VR1      ;CARGO CONTADOR=UNIDADES
LDA  TR-1,X
STA  UNIDADES
LDA  C_VR1
CBEQA #$01,END1
DECX
LDA  TR-1,X
PSHX
LDX  #$0A
MUL
STA  DECENAS
LDA  C_VR1
PULX
CBEQA #$02,END1
DECX
LDA  TR-1,X
PSHX
LDX  #$64
MUL
STX  CENTENAS
STA  CENTENAS+1
LDA  C_VR1
PULX
CBEQA #$03,END1
DECX
LDA  TR-1,X
BSR  MIL

```

```

END1      BSR  TOTAL
          MOV  RTA,TR
          MOV  RTA+1,TR+1
          BRA  OK1_1

```

\*\*\*\*\*

```

*****LIMPIA VALORES USADDOS EN LA CONVERSION ASCII->
HEX*****

```

```

LIMPIA_VALORES  CLR  UNIDADES
                CLR  DECENAS
                CLR  CENTENAS
                CLR  CENTENAS+1
                CLR  MILES
                CLR  MILES+1
                CLRA
                CLRH
                CLRX
                RTS

```

\*\*\*\*\*

```

*****MULTIPLICA ACCUMULADOR POR MIL (0x03E8)*****REGRESA

```

```

MILES 16 BIT***

```

```

MIL  PSHA
     LDX  #$E8
     MUL
     STA  MILES+1
     STX  TEMP
     PULA
     LDX  #$03
     MUL
     ADD  TEMP
     STA  MILES
     RTS

```

\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\*SUMA LAS UNIDADES,LASDECENAS,CENTENAS Y  
MILES\*\*\*REGRESA RTA 16BITS\*\*\*\*\*

```
TOTAL CLR TEMP
      LDA UNIDADES
      ADD DECENAS
      ADD CENTENAS+1
      BCC TOTAL1
      MOV #$01,TEMP
TOTAL1 ADD MILES+1
      BCC TOTAL2
      INC TEMP
TOTAL2 STA RTA+1
      LDA CENTENAS
      ADD TEMP
      ADD MILES
      STA RTA
      RTS
```

\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\*ROUTINAS VARIABLE2 TP\*\*\*\*\*

```
RECIBE2_1 CLRH
          INC C_VR2          ;INCREMENTO CONTADOR VARIABLE2
          LDX C_VR2          ;PONGO EL INDICE
          LDA TECLA          ;RECARGO LA TECLA PULSADA
          STA TP-1,X         ;GUARDA EL NUMERO EN EL VECTOR
          ADD #$30           ;PASA A NUMERO ASCII
          MOV #$01,TIPO      ;SELECCIONO TIPO CARACTER
          STA DATO           ;GUARDO LA TECLA
          JSR ENVIAR         ;LA MUESTRO EN LE LCD
          JSR REBOTE
          RTS
```

```
ACEPTA_V2_1 LDA C_VR2          ;CARGO EL CONTADOR DE CIFRAS
            CMP #$03           ;SI ES MAYOR QUE 3 CIFRAS
```

```

BLS  MAYOR_02      ;SI: A VERIFICAR SI C_VR2 MAYOR QUE 0
RTS                ;NO: TERMINE

MAYOR_02  LDA  C_VR2      ;CARGA EL CONTADOR
          CMP  #$01      ;MAYOR IGUAL A 1 (Y MENOR QUE 3)
          BHS  TOHEXA2    ;SI ACEPTE
          RTS            ;no TERMINE

CANCELA_V2_1  DEC  MENU      ;DECREMENTO EL MENU
          JSR  HOME      ;LIMPIO LA PANTALLA
          LDHX #VAR1      ;APUNTO A LA CADENA SUBMENU1 IGUAL PARA
LAS DEMAS RUTINAS
          JSR  PALABRA    ;ENVIO LA PALABRA
          JSR  SEGUNDA    ;PASO A SEGUNDA LINEA LCD
          LDHX #ABR1      ;LOCALIZO AVREVIATURA
          JSR  PALABRA    ;ENVIO LA ABREVIATURA
          CLR  C_VR1      ;LIMPIO EL CONTADOR
          JSR  REBOTE
          RTS

OK2_1     LDA  MODO      ;SOLO EL MODO TREN DE PULSO PIDE LAS
OTRAS VARIABLES
          CBEQA #$03,SEL_TREN
          INC  MENU      ;INCREMENTO MENU
          JSR  HOME      ;LIMPIO LA PANTALLA
          LDHX #EJEC      ;PALABRA EJECUTANDO
          JSR  PALABRA    ;ENVIO LA PALABRA
          JMP  PREPARAR   ;PREPARO LA SEÑAL CON LOS DATOS
RECIBIDOS

SEL_TREN   INC  MENU      ;INCREMENTO MENU
          JSR  HOME      ;LIMPIO LA PANTALLA

```

```

                LDHX  #VAR3          ;APUNTO A LA CADENA SUBMENU1 IGUAL PARA
LAS DEMAS RUTINAS
                JSR   PALABRA        ;ENVIO LA PALABRA
                JSR   SEGUNDA        ;PASO A SEGUNDA LINEA LCD
                LDHX  #ABR3          ;LOCALIZO AVREVIATURA
                JSR   PALABRA        ;ENVIO LA ABREVIATURA
                CLR   C_VR3          ;LIMPIO EL CONTADOR VARIABLE 3
                JSR   REBOTE
                RTS

TOHEXA2        JSR   LIMPIA_VALORES
                LDX   C_VR2          ;CARGO CONTADOR=UNIDADES
                LDA   TP-1,X
                STA   UNIDADES
                LDA   C_VR2
                CBEQA #$01,END2
                DECX
                LDA   TP-1,X
                PSHX
                LDX   #$0A
                MUL
                STA   DECENAS
                LDA   C_VR2
                PULX
                CBEQA #$02,END2
                DECX
                LDA   TP-1,X
                LDX   #$64
                MUL
                STX   CENTENAS
                STA   CENTENAS+1
END2           JSR   TOTAL
                MOV   RTA,TP

```

```

MOV   RTA+1,TP+1
BRA   OK2_1

```

\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\*RUTINAS VARIABLE2

TTP\*\*\*\*\*

```

RECIBE3_1  CLRH
            INC   C_VR3          ;INCREMENTO CONTADOR VARIABLE3
            LDX   C_VR3          ;PONGO EL INDICE
            LDA   TECLA          ;RECARGO LA TECLA PULSADA
            STA   TTP-1,X        ;GUARDA EL NUMERO EN EL VECTOR
            ADD   #$30           ;PASA A NUMERO ASCII
            MOV   #$01,TIPO      ;SELECCIONO TIPO CARACTER
            STA   DATO           ;GUARDO LA TECLA
            JSR   ENVIAR         ;LA MUESTRO EN LE LCD
            JSR   REBOTE
            RTS

```

```

ACEPTA_V3_1  LDA   C_VR3          ;CARGO EL CONTADOR DE CIFRAS
            CBEQA #$04,TOHEXA3    ;SI ES 4 MAYOR QUE 1 SEG
            RTS                  ;NO: TERMINE

```

```

CANCELA_V3_1  DEC   MENU          ;DECREMENTO EL MENU
            JSR   HOME           ;LIMPIO LA PANTALLA
            LDHX  #VAR2          ;APUNTO A LA CADENA SUBMENU1 IGUAL PARA

```

LAS DEMAS RUTINAS

```

            JSR   PALABRA        ;ENVIO LA PALABRA
            JSR   SEGUNDA        ;PASO A SEGUNDA LINEA LCD
            LDHX  #ABR2          ;LOCALIZO AVREVIATURA
            JSR   PALABRA        ;ENVIO LA ABREVIATURA
            CLR   C_VR2          ;LIMPIO VARIABLE ANTERIOR
            JSR   REBOTE
            RTS

```

```

OK3_1      INC  MENU          ;INCREMENTO MENU
           JSR  HOME          ;LIMPIO LA PANTALLA
           LDHX #VAR4         ;APUNTO A LA CADENA SUBMENU1 IGUAL PARA
LAS DEMAS RUTINAS
           JSR  PALABRA       ;ENVIO LA PALABRA
           JSR  SEGUNDA       ;PASO A SEGUNDA LINEA LCD
           LDHX #ABR4         ;LOCALIZO AVREVIATURA
           JSR  PALABRA       ;ENVIO LA ABREVIATURA
           CLR  C_VR4         ;LIMPIO EL CONTADOR VARIABLE 4
           JSR  REBOTE
           RTS

```

```

TOHEXA3    JSR  LIMPIA_VALORES
           LDX  C_VR3         ;CARGO CONTADOR=UNIDADES
           LDA  TTP-1,X
           STA  UNIDADES
           DECX
           LDA  TTP-1,X
           PSHX
           LDX  #$0A
           MUL
           STA  DECENAS
           PULX
           DECX
           LDA  TTP-1,X
           PSHX
           LDX  #$64
           MUL
           STX  CENTENAS
           STA  CENTENAS+1
           PULX
           DECX

```

```

LDA  TTP-1,X
JSR  MIL
JSR  TOTAL
MOV  RTA,TTP
MOV  RTA+1,TTP+1
BRA  OK3_1

```

\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\*RUTINAS VARIABLE2

TTP\*\*\*\*\*

```

RECIBE4_1  CLRH
            INC  C_VR4          ;INCREMENTO CONTADOR VARIABLE3
            LDX  C_VR4          ;PONGO EL INDICE
            LDA  TECLA          ;RECARGO LA TECLA PULSADA
            STA  TT-1,X         ;GUARDA EL NUMERO EN EL VECTOR
            ADD  #$30           ;PASA A NUMERO ASCII
            MOV  #$01,TIPO      ;SELECCIONO TIPO CARACTER
            STA  DATO           ;GUARDO LA TECLA
            JSR  ENVIAR         ;LA MUESTRO EN LE LCD
            JSR  REBOTE
            RTS

```

```

ACEPTA_V4_1 LDA  C_VR4          ;CARGO EL CONTADOR DE CIFRAS
            CBEQA #$04,TOHEXA4 ;SI ES DE 4 CIFRAS MAYOR>1SEG
            RTS                ;NO: TERMINE

```

```

CANCELA_V4_1 DEC  MENU          ;DECREMENTO EL MENU
            JSR  HOME           ;LIMPIO LA PANTALLA
            LDHX #VAR3          ;APUNTO A LA CADENA SUBMENU1 IGUAL PARA
LAS DEMAS RUTINAS
            JSR  PALABRA        ;ENVIO LA PALABRA
            JSR  SEGUNDA        ;PASO A SEGUNDA LINEA LCD
            LDHX #ABR3          ;LOCALIZO AVREVIATURA
            JSR  PALABRA        ;ENVIO LA ABREVIATURA

```



```
CLR  C_VR3      ;LIMPIO VARIABLE ANTERIOR
JSR  REBOTE
RTS
```

```
OK4_1      INC  MENU      ;INCREMENTO MENU
          JSR  HOME      ;LIMPIO LA PANTALLA
          LDHX #EJEC      ;PALABRA EJECUTANDO
          JSR  PALABRA    ;ENVIO LA PALABRA
          JMP  PREPARAR   ;PREPARO LA SEÑAL CON LOS DATOS
```

RECIBIDOS

```
TOHEXA4    JSR  LIMPIA_VALORES
          LDX  C_VR4      ;CARGO CONTADOR=UNIDADES
          LDA  TT-1,X
          STA  UNIDADES
          DECX
          LDA  TT-1,X
          PSHX
          LDX  #$0A
          MUL
          STA  DECENAS
          PULX
          DECX
          LDA  TT-1,X
          PSHX
          LDX  #$64
          MUL
          STX  CENTENAS
          STA  CENTENAS+1
          PULX
          DECX
          LDA  TT-1,X
```

```

JSR  MIL
JSR  TOTAL
MOV  RTA,TT
MOV  RTA+1,TT+1
BRA  OK4_1

```

\*\*\*\*\*

\*\*\*

\*\*\*\*\*MUESTRO EL

MENU\*\*\*\*\*

```

MUESTRA_MENU  JSR  HOME      ;LIMPIO Y REGRESO A HOME LA LCD
                LDA  MENU      ;CARGO LA VARIABLE DE MENU
                CBEQA #$01,SELECT_M1 ;COMPARO EL MENU SELECCIONADO Y
SALTO A LINEA O TITULO
                CBEQA #$02,SELECT_M2
                RTS

```

```

SELECT_M1      LDHX #MENU1
                JSR  PALABRA
                RTS

```

```

SELECT_M2      LDHX #MENU2
                JSR  PALABRA
                RTS

```

\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\*MUESTRO EL MODO\*\*\*\*\*

```

MUESTRA_MODO  JSR  SEGUNDA    ;LIMPIO Y ME UBUCO EN LA SEGUNDA
LINEA
                LDA  MODO      ;CARGO LA SELECCION DEL MODO
                CBEQA #$01,SELECT_MOD1 ;COMPARO Y CARGO EL TITULO DLE
MODO
                CBEQA #$02,SELECT_MOD2

```

```
CBEQA #$03,SELECT_MOD3
RTS
```

```
SELECT_MOD1 LDHX #MODO1
JSR PALABRA
RTS
```

```
SELECT_MOD2 LDHX #MODO2
JSR PALABRA
RTS
```

```
SELECT_MOD3 LDHX #MODO3
JSR PALABRA
RTS
```

\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\*EL VALOR DEL ACUMULAR CARGADO EN LAS RUTINAS  
ANTERIORES DEFINE EL SUBMENU A MOSTRAR\*\*\*\*\*

```
MUESTRA_SUB JSR SEGUNDA ;UBICO LA SEGUNDA LINEA Y LA  
LIMPIO
```

```
LDA SUBMENU
CBEQA #$01,SELECT_SUB1 ;COMPARE CON 1 Y MUESTRA EL  
MENU1 IGUAL CON LOS OTROS 3
CBEQA #$02,SELECT_SUB2
CBEQA #$03,SELECT_SUB3
CBEQA #$04,SELECT_SUB4
RTS
```

```
SELECT_SUB1 LDHX #SUBMENU1 ;APUNTO A LA CADENA  
SUBMENU1 IGUAL PARA LAS DEMAS RUTINAS
JSR PALABRA
RTS
```

```
SELECT_SUB2 LDHX #SUBMENU2 ;APUNTO A LA CADENA
SUBMENU1 IGUAL PARA LAS DEMAS RUTINAS
JSR PALABRA
RTS
```

```
SELECT_SUB3 LDHX #SUBMENU3 ;APUNTO A LA CADENA
SUBMENU1 IGUAL PARA LAS DEMAS RUTINAS
JSR PALABRA
RTS
```

```
SELECT_SUB4 LDHX #SUBMENU4 ;APUNTO A LA CADENA
SUBMENU1 IGUAL PARA LAS DEMAS RUTINAS
JSR PALABRA
RTS
```

```
PREPARAR MOV #$07,MENU ;PREPARO LA SEÑAL Y CONFIGURA EL TBM
A 1ms
```

```
MOV #$00,ESTADO1
MOV #$00,ESTADO2
CLR ESTADO3
CLR TR+2
CLR TR+3
CLR TP+2
CLR TP+3
CLR TTP+2
CLR TTP+3
CLR TT+2
CLR TT+3
LDA SUBMENU
CLR PORTB
CBEQA #$01,END_PREP
```

```

        CBEQA  #$03,END_PREP
        MOV   #$01,ESTADO3
        MOV   #$7F,PORTB
END_PREP LDA   TP+1
        LDX   #$3E
        MUL
        STA   RESOL+1
        STX   RESOL
        LDA   TP
        LDX   #$3E
        MUL
        ADD   RESOL
        STA   RESOL
        BCLR  TBON,TBCR      ;DESHABILITO EL TBM
        MOV   #%01011000,TBCR ;DESHABILITO INTERRUPCIONES DEL TBM
TBM=1ms FRECUENCIA
        BSET  2,TBCR      ;HABILITO INTERRUPCIONES DEL TBM
        BSET  TBON,TBCR   ;HABILITO TBM Y RESET COUNTER A CERO
        CLI
        RTS

```

```

*****
*****|Interrupcion del time base module*****

```

```

SEÑAL   BCLR  TBON,TBCR      ;DESHABILITO EL TBM
        LDA   MODO
        CBEQA  #$03,TTP_TT1   ;SALE A VERIFICAR TREN DE PULSO
        BRA   TR_TP

```

```

TTP_TT1 JMP   TTP_TT

```

```

TR_TP   LDA   ESTADO1
        CBEQA  #$00,INC_TR

```

```

        BRA    INC_TP

INC_TR  LDA    TR+3
        ADD    #$01
        STA    TR+3
        BCC    FIN_INC_TR
        INC    TR+2
FIN_INC_TR LDA    TR+3
        CMP    TR+1
        BEQ    COMPARA2
        JMP    FIN_SEÑAL

COMPARA2 LDA    TR+2
        CMP    TR
        BEQ    INICIA_TP
        JMP    FIN_SEÑAL

INICIA_TP CLR    TP+2           ;LIMPIO CONTADORES DE TP
          CLR    TP+3
          MOV    #$01,ESTADO1
          LDA    SUBMENU
          CBEQA #$02,CU_BI
          CBEQA #$03,TRI
          CBEQA #$04,TRI
          MOV    #$FF,PORTB
          JMP    FIN_SEÑAL

CU_BI   LDA    ESTADO3
        CBEQA #$01,TO_FF
        MOV    #$00,PORTB
        JMP    FIN_SEÑAL

TO_FF   MOV    #$FF,PORTB

```

```

        JMP    FIN_SEÑAL

TRI     MOV    #%00110000,T1SC    ;LIMPIO Y DETENGO EL TIMER
        LDA    RESOL
        STA    T1MODH
        LDA    RESOL+1
        STA    T1MODL
        BSET   6,T1SC            ;HABILITO INTERRUPCION
        BCLR   5,T1SC            ;ACTIVO CONTADOR
        JMP    FIN_SEÑAL

INC_TP  LDA    TP+3
        ADD    #$01
        STA    TP+3
        BCC    FIN_INC_TP
        INC    TP+2

FIN_INC_TP LDA    TP+3
        CMP    TP+1
        BEQ    COMPARA2_TP
        JMP    FIN_SEÑAL

COMPARA2_TP LDA    TP+2
        CMP    TP
        BEQ    INICIA_TR
        BRA    FIN_SEÑAL

INICIA_TR CLR    TR+2            ;LIMPIO CONTADORES DE TP
        CLR    TR+3
        BCLR   6,T1SC            ;DESACTIVO EL TIMER INCRMENTADOR
        MOV    #$00,ESTADO1
        LDA    SUBMENU
        CBEQA #$02,TO_7F
        CBEQA #$04,TO_7F

```

```

MOV  #$00,PORTB
BRA  FIN_SEÑAL

TO_7F  MOV  #$7F,PORTB
IDA  ESTADO3
CLR  ESTADO3
CBEQA #$01,NEXT_ESTADO
MOV  #$01,ESTADO3
NEXT_ESTADO BRA  FIN_SEÑAL

TTP_TT  LDA  ESTADO2
CBEQA #$00,INC_TT
BRA  INC_TTP

INC_TT  LDA  TT+3
ADD  #$01
STA  TT+3
BCC  FIN_INC_TT
INC  TT+2
FIN_INC_TT LDA  TT+3
CMP  TT+1
BEQ  COMPARA_TT
JMP  TR_TP

COMPARA_TT LDA  TT+2
CMP  TT
BEQ  INICIA_TTP
JMP  TR_TP

INICIA_TTP BCLR 6,T1SC ;DESACTIVO EL TIMER INCRMENTADOR
CLR  TTP+2

```



```

        CLR  TTP+3
        MOV  #$01,ESTADO2
        CLR  PORTB
        BRA  FIN_SEÑAL

INC_TTP  LDA   TTP+3
        ADD  #$01
        STA  TTP+3
        BCC  FIN_INC_TTP
        INC  TTP+2
FIN_INC_TTP LDA  TTP+3
        CMP  TTP+1
        BEQ  COMPARA_TTP
        BRA  FIN_SEÑAL

COMPARA_TTP LDA  TTP+2
        CMP  TTP
        BEQ  INICIA_TT
        BRA  FIN_SEÑAL

INICIA_TT CLR  TT+2
        CLR  TT+3
        MOV  #$00,ESTADO2
        BRA  INICIA_TR

FIN_SEÑAL BSET  3,TBCR      ;LIMPIO LA BANDERA DE INTERRUPCION
        BSET  TBON,TBCR    ;HABILITO TBM Y RESET COUNTER A CERO
        RTI

*****
*****INCREMENTADOR TIMER1*****
INCREMENTADOR BSET  5,T1SC  ;PARO EL TIMER
        LDA  SUBMENU

```

```

CBEQA #$03,SUM_MONO
BRA  SUM_BI

```

```

SUM_MONO      LDA  PORTB
              CBEQA #$FF,FIN_INCREMENTADOR
              INCA
              CBEQA #$FF,FIN_INCREMENTADOR
              INCA
FIN_INCREMENTADOR  STA  PORTB
              bclr 7,t1sc
              BSET 4,T1SC  ;RESET TIMER Y TIMER COUNTER
              BCLR 5,T1SC  ;ACTIVO TIMER
              RTI

```

```

SUM_BI        LDA  ESTADO3
              CBEQA #$00,DECREMENTA
              BRA  INCREMENTA

```

```

DECREMENTA    LDA  PORTB
              CBEQA #$00,FIN_INCREMENTADOR
              DECA
              BRA  FIN_INCREMENTADOR

```

```

INCREMENTA    LDA  PORTB
              CBEQA #$FF,FIN_INCREMENTADOR
              INCA
              BRA  FIN_INCREMENTADOR

```

```

*****
*****ORIGENES DE INTERRUPCIONES*****

```

```

ORG  VECTOR_RESET      ;si se resetea vuelve a inicio

```

DW INICIO

ORG TMB\_INT

DW SEÑAL

ORG TIMER1

DW INCREMENTADOR