

**TECNOLÓGICO  
DE MONTERREY.**



**TECNOLÓGICO  
DE MONTERREY.**

**BIBLIOTECA**  
Campus Ciudad de México

# **Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey**

**Campus Ciudad de México**

**División de Ingeniería y Arquitectura**

*Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones*

**Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica**

## **Estimulador para el tratamiento de la incontinencia urinaria**

**Autores:**

**María Arcelia Arrieta Bonilla  
Wilbert Marroquín Fabián  
Ángel Cruz Guzmán  
Sofía Jiménez Saucedo**



**Asesores:**

**Dr. Jorge Eduardo Brieva Rico  
Dr. Emmanuel F. Moya Anica  
Ing. Ángel A. Hernández Martínez**

México D. F. noviembre del 2005

<b>AGRADECIMIENTOS .....</b>	<b>2</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>3</b>
<b>PROBLEMÁTICA Y OBJETIVOS .....</b>	<b>4</b>
<b>1. LA INCONTINENCIA URINARIA .....</b>	<b>5</b>
1.1 ESTUDIO DEL TRACTO URINARIO .....	5
1.1.1 Anatomía.....	5
1.1.2 Control nervioso de la vejiga y uretra .....	7
1.1.3 Fisiología de la micción .....	8
1.2 DEFINICIÓN DE LA INCONTINENCIA URINARIA.....	9
1.3 TIPOS DE INCONTINENCIA URINARIA .....	10
1.4 IDENTIFICACIÓN DE LOS TRATAMIENTOS PARA LA INCONTINENCIA URINARIA .....	11
<b>2. ESTIMULACIÓN ELÉCTRICA DE LOS MÚSCULOS .....</b>	<b>13</b>
2.1 ANATOMÍA Y FISIOPATOLOGÍA NEUROMUSCULAR.....	13
2.2 ELECTROFISIOLOGÍA NEUROMUSCULAR .....	15
2.3 SEÑALES DE ESTIMULACIÓN .....	16
2.4 EFICACIA DE LA ELECTROESTIMULACIÓN INTRAVAGINAL .....	17
<b>3. ESTIMULADOR ELÉCTRICO PROPUESTO.....</b>	<b>19</b>
3.1 DESCRIPCIÓN GENERAL .....	19
3.2 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS .....	20
3.3 DESCRIPCIÓN POR ETAPAS.....	21
3.3.1 Etapa digital .....	21
3.3.2 Etapa de amplificación de corriente.....	28
3.3.3 Etapa de alimentación .....	32
<b>4. RESULTADOS OBTENIDOS EN LABORATORIO .....</b>	<b>34</b>
<b>5. PROCESO DE VALIDACIÓN .....</b>	<b>40</b>
<b>6. CONCLUSIONES.....</b>	<b>42</b>
<b>7. PERSPECTIVAS.....</b>	<b>44</b>
<b>ANEXO 1. CÓDIGO DE PROGRAMACIÓN DEL MICROCONTROLADOR.....</b>	<b>45</b>
<b>ANEXO 2. DIAGRAMA DE CONEXIÓN .....</b>	<b>57</b>
<b>ANEXO 3. MAPA DE TARJETA IMPRESA.....</b>	<b>58</b>
<b>ANEXO 4. LISTA COMPLETA DE MATERIAL .....</b>	<b>59</b>
<b>ANEXO 5. MANUAL DE USUARIO.....</b>	<b>61</b>

# Introducción

El presente documento tiene como finalidad mostrar el proceso y los resultados obtenidos del proyecto que lleva por título Estimulador para el tratamiento de la incontinencia urinaria, mismo que es presentado para acreditar las materias de Proyectos de Ingeniería I y II de la carrera de Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones.

El proyecto surge gracias a la invitación del Ingeniero Ángel Antonio Hernández del Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán, quien nos hace ver la necesidad de elaborar este tipo de diseños electrónicos para apoyar el desarrollo de la investigación en el área biomédica de nuestro país y con ello ofrecer una alternativa de tratamientos a una importante cifra de pacientes que resultaran beneficiados con el desarrollo adecuado del estimulador para el tratamiento de la incontinencia urinaria y los alcances que puede llegar a tener en los tratamientos para otras enfermedades.

Para el logro de nuestros objetivos fue necesaria una investigación previa del tracto urinario, a nivel anatómico y neuronal, así como un estudio de la fisiología de la micción y de la incontinencia urinaria. Más adelante, fue preciso estudiar la anatomía y fisiopatología neuromuscular, para después adentrarnos en el tema de la estimulación eléctrica de los músculos y finalmente proponer el sistema que presentamos.

En el presente documento se muestra la investigación realizada, la descripción del sistema propuesto y los resultados obtenidos de las pruebas practicadas tanto en laboratorio como en animales.

# **Problemática y objetivos**

Mientras estudios demuestran que la estimulación eléctrica es un tratamiento efectivo para la incontinencia urinaria de esfuerzo y de urgencia, con hasta un 65% de mejoría en pacientes (Uson, 1990), en México ha sido limitado su estudio y más aún, su aplicación, cuando la Organización Mundial de la Salud (OMS) informa que 9.5 millones de mujeres en México pueden llegar a sufrir algún tipo de incontinencia urinaria.

Este problema de salud origina múltiples y variadas repercusiones, entre ellas: úlceras en la piel, infecciones, pérdida de la autoestima, aislamiento social y vergüenza, no dependiendo directamente de la severidad de la incontinencia, sino que además influyen una serie de factores individuales (personalidad, estilo de vida, situación familiar y social).

Debido a estas observaciones surgió el interés por la realización del presente proyecto de investigación, para el cual hemos planteado como principales objetivos, los siguientes:

- Diseñar un sistema el cual genere pulsos para estimular el piso pélvico que sea útil en el tratamiento de pacientes con incontinencia urinaria.
- Iniciar con un proceso de validación.

# **1. La incontinencia urinaria**

## **1.1 Estudio del tracto urinario**

### **1.1.1 Anatomía**

La vejiga urinaria se halla situada por completo en la pelvis y descansa en el pubis, en la parte adyacente del suelo pelviano. En la mujer se encuentra un poco más baja que en el hombre. Cuando la vejiga se llena, gradualmente penetra en el abdomen y puede alcanzar el nivel del ombligo.

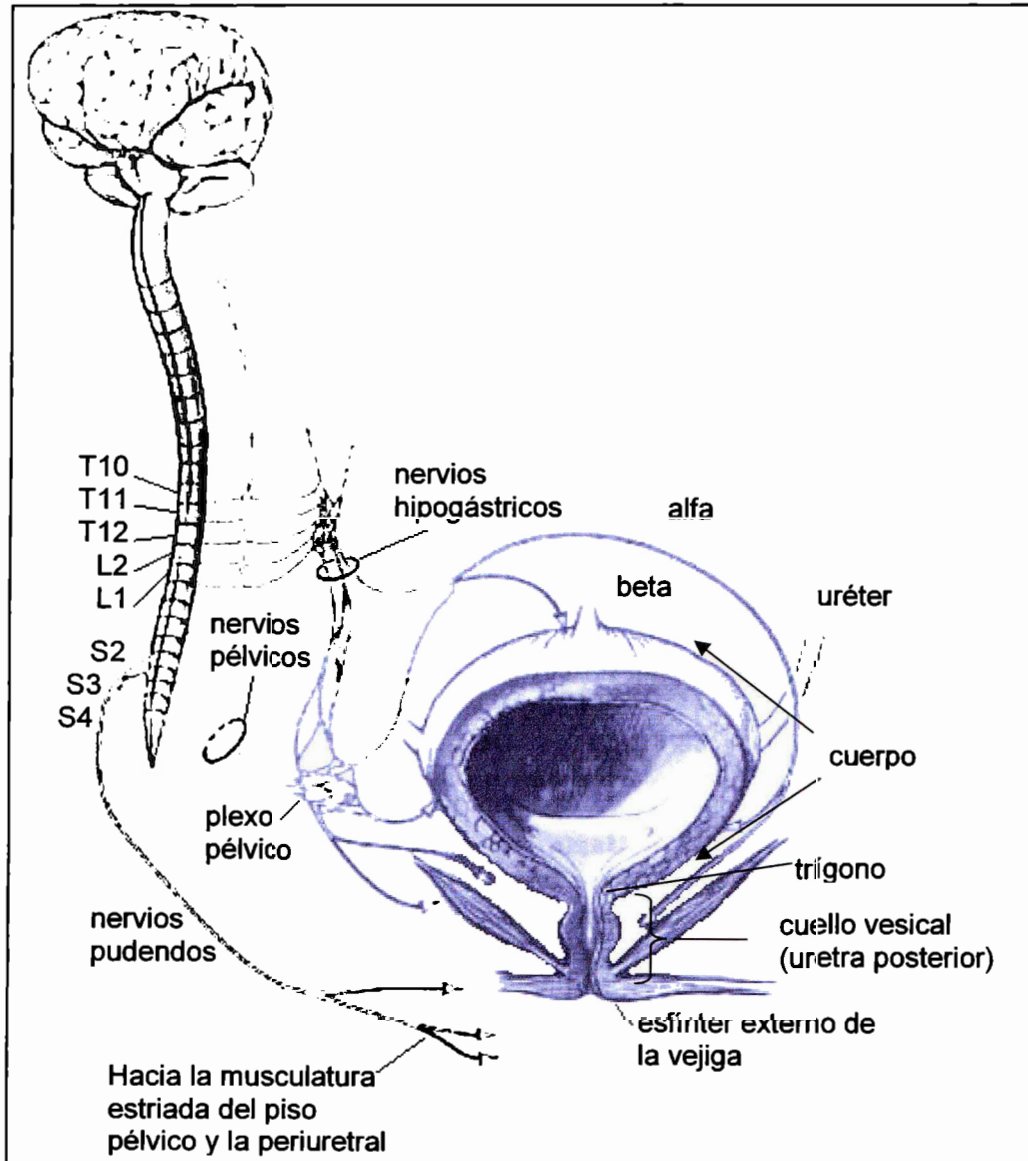
La vejiga urinaria, es una cámara muscular lisa formada por dos partes principales: 1) el cuerpo, que es la parte principal de la vejiga en donde se almacena la orina, y 2) el cuello, que es una extensión del cuerpo en forma de embudo, dirigida hacia abajo y hacia delante en el triángulo urogenital y que comunica con la uretra. La parte inferior del cuello vesical recibe también el nombre de uretra posterior a causa de su relación con la uretra.

El músculo liso de la vejiga recibe el nombre de músculo detrusor. Sus fibras musculares se extienden en todas las direcciones y, cuando se contraen, puede aumentar la presión en la vejiga hasta 40 a 60 mm Hg. Por tanto, la contracción del músculo detrusor es un paso fundamental para vaciar la vejiga.

Las células musculares lisas del músculo detrusor se hallan fusionadas, de forma que la resistencia eléctrica entre una y otras es baja y permite la propagación de los potenciales de acción a la totalidad del músculo, de una célula a la siguiente, produciendo la contracción de toda la vejiga a la vez.

En la pared posterior de la vejiga, inmediatamente por encima del cuello vesical, existe una pequeña zona triangular llamada trígono. En el vértice inferior del trígono se

encuentra la desembocadura de la vejiga a través del cuello vesical hacia la uretra posterior, mientras que los dos uréteres penetran en la vejiga por los ángulos superiores. El trigono puede identificarse por el hecho de que su mucosa, el revestimiento interno de la vejiga, es lisa, al contrario de lo que ocurre con el resto de la mucosa de la vejiga que es rugosa y estriada. Cuando penetran en la vejiga, los uréteres siguen un trayecto oblicuo a través del músculo detrusor y discurren de 1 a 2 cm por el espesor de la mucosa de la vejiga antes de vaciar en la cavidad.



**Figura 1.1** Detalle de la vejiga y los nervios que la enervan. [Women]

El cuello vesical (uretra posterior) tiene una longitud de 2 a 3 cm, y su pared está formada por el músculo detrusor, mezclado con una gran cantidad de tejido elástico. En esta zona, el músculo recibe el nombre de esfínter interno. Su presión natural mantiene libre de orina

al cuello vesical y a la uretra posterior, evitando el vaciamiento de la vejiga hasta que la presión supera un umbral crítico.

La uretra, a partir de la uretra posterior, pasa por el diafragma urogenital, que contiene una capa de músculo llamada esfínter externo de la vejiga, formado por músculo esquelético voluntario, a diferencia del músculo del cuerpo y del cuello vesical, que sólo están formados por músculo liso. El esfínter externo se encuentra bajo el control voluntario del sistema nervioso, y puede utilizarse para evitar conscientemente la micción (proceso por el que la vejiga urinaria se vacía cuando se encuentra llena), incluso aunque el control involuntario intente vaciar la vejiga.

### **1.1.2 Control nervioso de la vejiga y uretra**

El control nervioso de vejiga y uretra se origina desde los lóbulos frontales, pasando por los ganglios basales, núcleo pontino y el cerebelo y de aquí las vías nerviosas corren por la médula espinal derivándose tres tipos de inervaciones motoras:

**Simpática:** Se origina a nivel de las vértebras T10 a L2 y corre por los nervios hipogástricos originando dos tipos de receptores: los alfa que se sitúan predominantemente en la uretra, cuello vesical y el trigono y cuyo estímulo produce el aumento de la presión uretral; y los beta que se sitúan en el cuerpo de la vejiga y cuyo estímulo relaja al músculo detrusor.

**Parasimpática:** Se origina a nivel de las sacras 2, 3 y 4, corre por los nervios pélvicos y se distribuye en el cuerpo, trigono, uretra y su efecto primordial es la contracción del detrusor.

**Somática:** Se origina a nivel de S2 a S4 y corre por los nervios pudendos cuya inervación final es en la musculatura estriada del piso pélvico y la periuretral. La inervación sensorial de la vejiga es de dos tipos: la que percibe el estiramiento y la contracción (la plenitud o no vesical) y la que percibe dolor y temperatura.

La parte vesical de los plexos pélvicos está formada por los nervios pélvicos e hipogástricos. Los nervios pélvicos proceden de las vértebras S2-S4 y conducen los impulsos del sistema parasimpático. Los nervios hipogástricos proceden de las vértebras T10-L2 y recogen los del sistema simpático.

Las terminaciones nerviosas colinérgicas y beta-adrenérgicas son abundantes en todo el detrusor, a excepción del trigono y cuello vesical. En estas últimas zonas las terminaciones son casi exclusivamente alfa-adrenérgicas, que prácticamente no existen en el resto de la vejiga.

En la uretra predominan las terminaciones adrenérgicas alfa y beta sobre las colinérgicas. La inervación proviene de los nervios hipogástricos y, en menor cuantía, de los pélvicos. El esfínter estriado, al igual que el suelo pélvico, tiene inervación somática a través de los nervios pudendos que se originan en las vértebras S2-S4.

### **1.1.3 Fisiología de la micción**

El proceso de micción implica dos pasos principales: 1) la vejiga se llena progresivamente hasta que la tensión de sus paredes supera un umbral que desencadena el segundo paso; 2) un reflejo nervioso llamada reflejo de la micción, por el que se vacía la vejiga. Para que sea posible, se requiere un reservorio y un mecanismo de cierre competente, coordinados por un control neurológico permanente.

Debemos por tanto atender a tres elementos: fase de almacenamiento, fase de evacuación y control neurológico, para un correcto entendimiento de la fisiología de la micción.

#### *Fase de almacenamiento*

La distensión vesical provocada por la caída de orina proveniente de los riñones produce una descarga aferente nerviosa sensorial, la cual hace sinapsis con el nervio pudendo a nivel sacra el que responde con una respuesta motora manifestada como una contracción de la musculatura estriada periuretral.

La importancia de mantener una baja presión intravesical durante el llenado, radica en que de esta forma se permite el drenaje de la orina proveniente de los riñones y por otra se evita la presencia de síntomas como frecuencia y urgencia urinaria. Si adicionalmente, ambos órganos se sitúan intraabdominalmente, como normalmente se encuentran, cualquier aumento en la presión intraabdominal se transmitirá en igual proporción a la vejiga y uretra proximal, lo cual mantendrá una presión mayor en la uretra que en la vejiga y por ende la continencia urinaria. Lo contrario sucede en la incontinencia urinaria de esfuerzo en donde la uretra proximal se bascula y desciende con los esfuerzos saliéndose de la cavidad abdominal; esto provoca que la presión aumente sólo en la vejiga y no en la uretra, invirtiéndose así el gradiente de presión a favor de la uretra y manifestándose la incontinencia.

Existen también otras situaciones en donde sí se afectan las propiedades fibroelásticas del detrusor como puede ser una vejiga radiada o tuberculosa en donde el tejido se torna más fibroso que elástico en casos de incontinencias de urgencia en donde el músculo detrusor se hipertrofia haciéndose más gruesa la pared vesical; esto disminuirá la capacidad vesical manifestándose urgencia y frecuencia urinaria.

#### *Fase de evacuación*

La micción es un acto voluntario y placentero, que involucra una serie de reflejos coordinados que producen una relajación uretral al tiempo que hay una contracción sostenida del detrusor hasta que se completa el vaciamiento de la vejiga. Cuando la vejiga se llena aproximadamente a la mitad de su capacidad (200-250 ml) se experimenta el primer deseo de micción, el cual es inhibido en forma voluntaria hasta que la mujer se encuentre en un lugar socialmente apto para la micción. Al llegar a los 450 o 500 ml de capacidad vesical se produce un estímulo sensitivo aferente que viaja por el nervio pélvico, y asciende por la médula espinal, hace sinapsis en el núcleo pontino de la micción y termina el impulso en el lóbulo frontal en donde se origina la vía eferente que tiene tres efectos primordiales:



- La inhibición del pudendo (somático) lo cual relaja la musculatura estriada periuretral.
- Inhibición del impulso simpático lo cual al inhibir el estímulo alfa relaja el músculo liso uretral y el cuello vesical lo que favorece la apertura de este último.
- La inhibición beta-adrenérgica que contrae al músculo detrusor indirectamente al permitir la transmisión postganglionar parasimpática que viaja por el nervio pélvico. Dicho estímulo parasimpático producirá la contracción sostenida del detrusor.

En el estudio urodinámico de vaciado se observa incremento en la presión vesical (detrusor solo o con prensa abdominal), silencio electromiográfico del esfínter, disminución en la presión uretral y aparición de curva de flujo urinario. Existen ciertas alteraciones en la micción que pueden originarse por:

- Alteración en la contractilidad del detrusor como sería una disminución (hiporreflexia), o ausencia de contractilidad (arreflexia) cuya causa puede ser miógena o neurógena.
- Falta de sinergismo entre el detrusor y el esfínter, es decir que el esfínter se contraiga al mismo tiempo que el detrusor, ocasionando obstrucción a la salida de la orina y puede ir en grados progresivos:

Grado I: contracción del esfínter al inicio de la micción.

Grado II: contracción alternando con relajación durante la contracción del detrusor.

Grado III: contracción interrumpida del esfínter. Lo anterior se conoce como disinergia detrusor esfínter y en grados avanzados puede condicionar reflujo vesicoureteral y llevar a la enferma a insuficiencia renal.

Vemos así como al negar el momento adecuado para la micción se produce una contracción sostenida del detrusor con una relajación simultánea del esfínter (fisiológico) uretral hasta que se completa el vaciamiento vesical. En la mujer es válido que emplee durante la micción la contracción de los músculos abdominales lo cual coadyuva a que el incremento en la presión abdominal se transmita hacia la vejiga para favorecer el vaciamiento. Además es común observar en la mujer que postergue el tiempo de micción debido a ciertos vicios educativos y esto conduzca a largo plazo vejigas de gran capacidad y de poca fuerza contráctil.

## **1.2 Definición de la incontinencia urinaria**

Hay diferentes conceptos de incontinencia urinaria, dependiendo fundamentalmente de la frecuencia y severidad de la misma, aunque la tendencia actual es a tratar de homogeneizar estos criterios y a seguir el concepto propuesto por la Sociedad Internacional de Continencia. De acuerdo con ésta, la incontinencia urinaria se define

como "la pérdida involuntaria de orina objetivamente demostrable y que supone un problema higiénico, social y psicológico".

Investigaciones recientes que se concentran en mujeres, ya que su manifestación es cuatro veces más frecuente que en el hombre, sugiere un porcentaje de hasta el 30 % de incidencia, para los cuales la incontinencia puede ser desde una pequeña molestia o en el peor de los casos una dificultad sumamente severa, en la mayoría de las ocasiones, aparece cuando la uretra pierde su situación intraabdominal y es incapaz de absorber las elevaciones de presión por sus mecanismos de cierre, produciéndose la fuga de orina.

### **1.3 Tipos de incontinencia urinaria**

#### *Incontinencia urinaria de esfuerzo*

Es la pérdida involuntaria de orina que se presenta con esfuerzo físico en ausencia de la contracción del detrusor. Puede ser causada por la pérdida de soporte anatómico de la uretra y de la unión uretrovesical, lo cual hace que la porción proximal de la uretra se desplace abajo del plano de los músculos pubococcígeos quedando así fuera de la zona de presión intraabdominal; de esta manera un aumento súbito de la presión vesical debido al esfuerzo no es transmitido a la uretra; se invierte así el gradiente normal y la presión intravesical es mayor que la intrauretral lo que ocasiona la pérdida involuntaria de orina.

En el 95 % de los casos este defecto anatómico es consecuencia de traumatismo obstétrico o por atrofia de los tejidos por edad avanzada (hipoestrogenismo); en otras es el resultado de cirugías previas efectuadas para corregir defectos de piso pélvico.

La incontinencia urinaria de esfuerzo también puede ser debida a deficiencia del esfínter uretral, lo que se observa con frecuencia después de cirugía pélvica, suspensión vesicouretral, o como resultado de denervación de la musculatura pélvica. En algunos casos esto se ha reportado después de parto vaginal por lesión del nervio pudendo.

Los cambios en el sistema genitourinario por hipoestrogenismo post-menopáusico pueden contribuir a la incontinencia urinaria de esfuerzo por disminución de la vascularidad uretral, atrofia de la mucosa y componentes musculares de la uretra así como del tejido conectivo lo que ocasiona baja de la presión máxima uretral y en consecuencia la pérdida de orina con el aumento súbito de presión intravesical por el esfuerzo.

#### *Incontinencia de urgencia*

Es la pérdida involuntaria de orina acompañada de deseo intenso y súbito de orinar (urgencia).

Se subdivide en motora, la cual se asocia a contracciones no inhibidas del detrusor, o inestabilidad sensorial en la que no se presentan éstas sino sólo el deseo imperioso de la micción. Cuando se asocia a alteraciones neurológicas (A.V.C., Parkinson, esclerosis múltiple) se denomina hiperreflexia del detrusor.

La incontinencia de urgencia puede resultar de lesiones neurológicas (como lesión de la médula espinal o accidente cerebrovascular), enfermedades neurológicas (como la

esclerosis múltiple), infecciones, cáncer de la vejiga, cálculos en la vejiga, inflamación de la vejiga u obstrucción en la salida de la vejiga.

La mayoría de los casos se clasifican como idiopáticos (no puede identificarse una causa específic(a)).

#### *Incontinencia por rebosamiento*

En el caso de la incontinencia por rebosamiento la musculatura vesical ha perdido la capacidad de contraerse y de expeler la orina. En la mayoría de los casos la causa de la pérdida de la capacidad de contracción es un bloqueo de la uretra, producida por la hipertrofia de la próstata. Por esta razón los afectados son, ante todo, varones de edad avanzada.

El crecimiento de la próstata y la disminución progresiva del diámetro de la uretra hacen que el vaciamiento de la vejiga sea cada vez más incompleto. Se acumulan grandes cantidades de orina residual, y la musculatura de la vejiga debe ejercer una fuerza cada vez mayor para expulsar la orina. Este sobreesfuerzo de la vejiga conduce finalmente a la sobredistensión de sus paredes y pierde capacidad de contracción.

El vaciamiento de la orina sólo es posible cuando se ejerce una gran presión al orinar. Con la evolución progresiva de la enfermedad, la vejiga repleta rebosa, produciéndose un goteo permanente de orina.

#### *Incontinencia mixta*

Cuando se asocian dos tipos de incontinencia. La más frecuente es la incontinencia urinaria de esfuerzo y la de urgencia, la cual puede presentarse hasta en un 70 % de los casos, lo que hay que tener en cuenta para el tratamiento de estas pacientes.

## **1.4 Identificación de los tratamientos para la incontinencia urinaria**

#### *Tratamiento farmacológico*

El objetivo del tratamiento farmacológico es conseguir que la vejiga sea capaz de distenderse sin contraerse durante el llenado y que la uretra se mantenga cerrada durante el llenado. Los fármacos más utilizados son los anticolinérgicos, sustancias que, al disminuir la capacidad contráctil del detrusor, aumentan la tolerancia del llenado vesical y la continencia. Su eficacia está demostrada en cuanto al alivio de los síntomas, pero sus efectos secundarios, fundamentalmente la sequedad de boca, la taquicardia y la excitación, son muy severos en algunos pacientes, que en ocasiones deben abandonar el tratamiento.

#### *Cirugía*

El tratamiento quirúrgico sólo se recomienda después de una exhaustiva evaluación y determinación de la causa exacta del problema de incontinencia urinaria. Las personas

que están considerando la cirugía como una opción deben estar conscientes de los riesgos potenciales así como de los beneficios que pueden obtener con el procedimiento.

El objetivo de estos procedimientos quirúrgicos es curar la causa de la incontinencia urinaria, ya sea apoyando la vejiga y la uretra en su posición correcta para que puedan funcionar adecuadamente o ajustando el esfínter uretral. Los procedimientos son similares en el hombre y la mujer, aunque la justificación para la realización del procedimiento y los resultados varían con el sexo de la persona.

#### *Entrenamiento de la vejiga*

Los pacientes recuperan el control de la vejiga aprendiendo a resistir el impulso de salida de la misma y contribuyendo de esta manera a aumentar la capacidad de la vejiga. Esto se consigue mediante ejercicios que desarrollan la musculatura del suelo pélvico.

#### *Estimulación eléctrica muscular del piso pélvico*

Su objetivo es conseguir la contracción del piso pélvico mediante la estimulación del nervio pudiendo con un electrodo intravaginal.

## **2. Estimulación eléctrica de los músculos**

Desde los tiempos en los que Luigi Galvani (1737-1798) dio a conocer su famoso experimento de las ancas de rana, el hombre puso la mira en las características eléctricas del cuerpo humano con cierta curiosidad y aunque la electroterapia, en un principio era observada con incredulidad e incertidumbre, hoy sabemos que el uso controlado de señales eléctricas tiene diversas utilidades, así como la estimulación de músculos, alivio de dolores, mejora de la circulación, resucitación cardio-pulmonar, entre otras.

La electroestimulación muscular se aplica para: conservar el trofismo muscular luego de una hemiplejía, reeducar un músculo luego de una operación, enseñar nuevas funciones en caso de trasplantes musculares, etc.

### **2.1 Anatomía y fisiopatología neuromuscular**

En la **Figura 2.1** se muestra el circuito neuromuscular periférico con la médula como órgano de integración y, además, la conexión motora central, es decir, la conexión del área motora cerebral con las neuronas motoras periféricas situadas en el asta anterior de la médula. La neurona motora central tiene su cuerpo celular en dicha área motora cerebral; su axón se dirige hacia abajo a través de la médula espinal hasta contactar con la neurona motora periférica que le corresponde.

Una lesión en un área motora cerebral, izquierda o derecha, producirá una plejía de todos o parte de los músculos contralaterales (es lo que sucede en los ictus hemipléjicos como consecuencia de un derrame, trombo o embolia arterial). Sin embargo esos músculos, como conservan su inervación periférica sana (es decir, se conserva indemne la vía sensitiva hacia y la vía motora desde la médula), podrán ser inducidos a contraerse mediante estímulos apropiados aplicados a los elementos constitutivos del circuito neuromuscular periférico. Por ejemplo, se puede producir una contracción refleja del músculo estirándolo bruscamente; también se puede producir una contracción muscular directa estimulando eléctricamente el nervio motor del mismo.

Una lesión del nervio motor, provocará una parálisis también del músculo por él inervado pero ahora sin posibilidad de responder a un reflejo sensitivo motor ya que entonces se habrá interrumpido la conducción de los impulsos motores eferentes que, partiendo de la neurona motora periférica se dirigen al músculo. El nervio motor es la vía eferente común de los impulsos voluntarios que se originan en el área motora cerebral y de los reflejos sensitivo-motores originados en tendones, músculos y piel (Figura 2.1).

En este último caso, si bien un estímulo eléctrico aplicado en el cabo nervioso distal puede ser incapaz de provocar la contracción por haberse degenerado el nervio en el trayecto que va desde la zona de lesión hasta el músculo, es posible "lograr la contracción del músculo aplicando un pulso eléctrico de características especiales directamente sobre él.

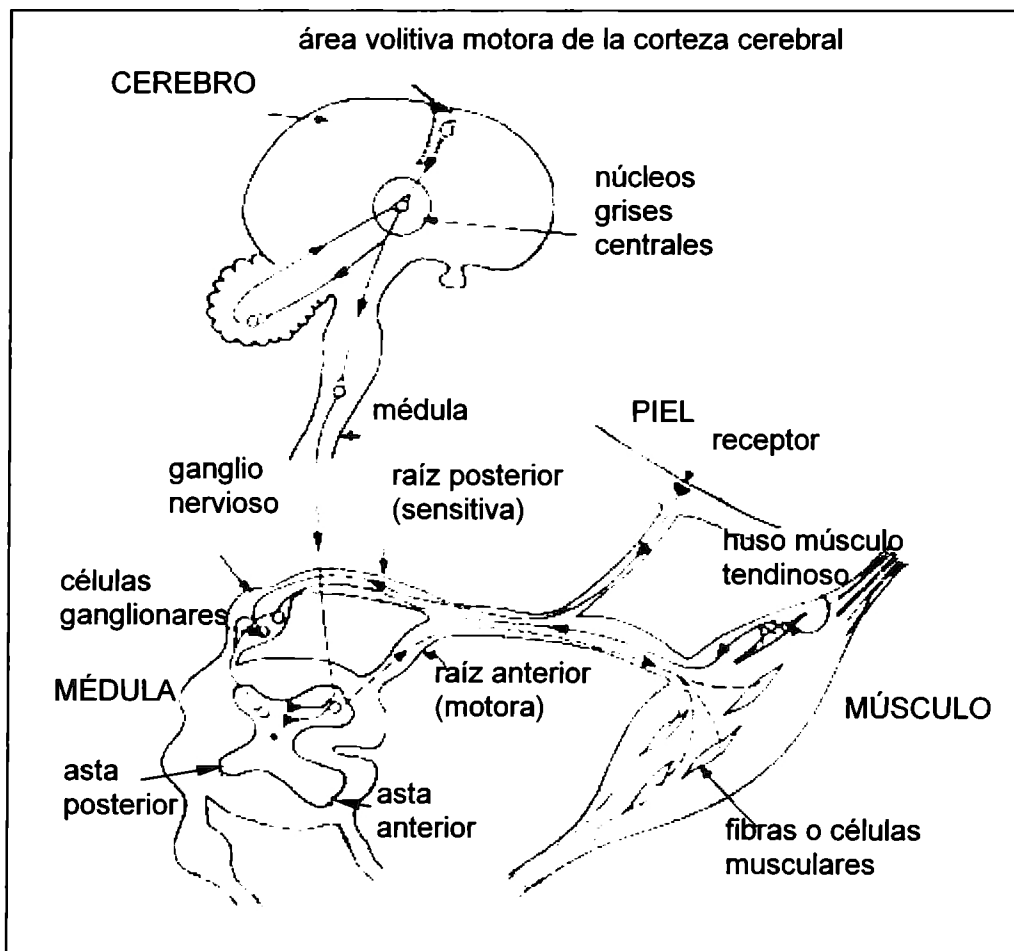


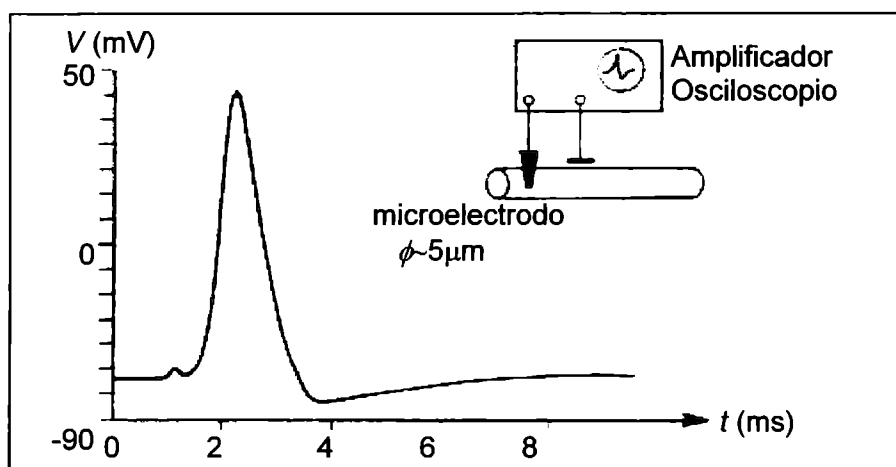
Figura 2.1 Esquema del circuito sensitivo - motor del humano. [Agui90b]

Las lesiones mencionadas pueden repararse total o parcialmente, sea en forma espontánea o mediante tratamiento. Así mismo, las lesiones tienen grados de severidad pudiendo ser completas, o sea con detención absoluta de la función motora (parálisis) o incompletas en cuyo caso, de tratarse de lesiones del área motora se hablará de paresia de los músculos incriminados (o sea, dificultad, lentitud y debilidad de la contracción muscular) y, de tratarse de lesiones incompletas de un nervio motor, se hablará de

parálisis de sectores del músculo, que conducirá a una respuesta normal en duración pero débil en potencia.

Por otra parte, la parálisis de un músculo puede deberse a tres tipos de lesiones completas del nervio motor, pasibles de recuperación, a saber: (a) Neurapraxia: interrupción de la conducción de los impulsos eléctricos de los axones del nervio motor por compresión de éste. La recuperación tiene lugar en horas o días; (b) Axonotmesis: degeneración de los axones de un nervio motor por debajo de una zona de compresión intensa o prolongada pero con integridad de las envolturas del nervio. La regeneración de los axones es lo habitual y se produce en unos tres meses; (c) Neurotmesis: sección completa de un nervio. Se produce degeneración de los axones del cabo distal del nervio y hasta una pequeña distancia de la lesión en el cabo proximal. Pueden regenerarse los axones si previamente se han suturado ambos cabos. La recuperación se produce en tres o más meses.

## 2.2 Electrofisiología neuromuscular

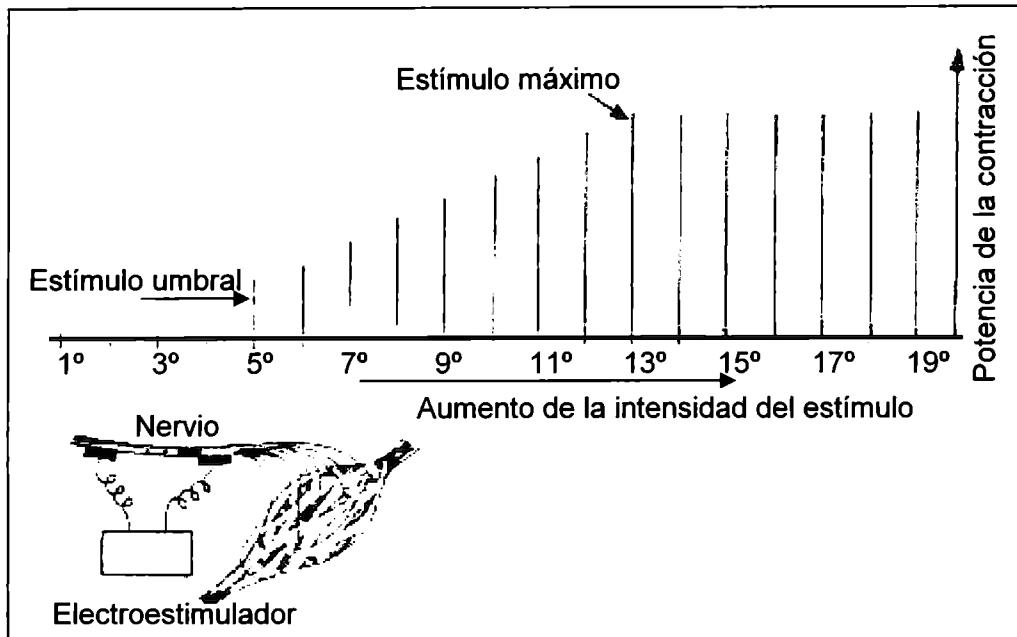


**Figura 2.2** Potencial de acción tomado entre el interior y el exterior de un axón. Este potencial de acción es el mismo si se toma en el soma de la neurona o en cualquier parte del axón. [Aguil90d]

Cuando la neurona motora cerebral debe hacer mover un determinado músculo, genera un impulso eléctrico, como se ve en la **Figura 2.2**, que viaja por todo el axón hasta llegar a otra neurona motora situada en el asta anterior de la médula nerviosa que se encarga a su vez de tomar ese impulso y, a través de la placa motora, comunicárselo al músculo que debe contraerse.

El impulso nervioso puede generarse externamente mediante diversos estímulos, entre ellos, pulsos eléctricos de características adecuadas. Estos generan, dentro de los axones de los nervios, impulsos eléctricos similares a los producidos en condiciones fisiológicas normales. También, como en estas condiciones, se cumple la ley del todo o nada; si el estímulo supera un umbral de intensidad, se genera en el axón un impulso eléctrico de amplitud constante que no variará ante posteriores aumentos de intensidad del mismo. Por debajo de ese umbral no se generará impulso alguno.

Por otra parte, dado que el nervio intacto está formado por cientos a miles de axones, puede que no todos éstos sean estimulados al mismo tiempo aun cuando el estímulo eléctrico sea adecuado para cada axón en particular; ello es debido a que la corriente aplicada sobre el nervio será drenada por zonas de baja impedancia que no incluya una cierta cantidad de axones. Naturalmente, una gran intensidad llegará a estimular todos los axones de un nervio. Un ejemplo de ello se puede ver en la siguiente figura.



**Figura 2.3** Estimulación eléctrica de un nervio intacto que comanda un pequeño músculo compuesto de nueve células musculares. [Aguil90e]

En la **Figura 2.3** se observa como la magnitud del estímulo va aumentando en valores constantes pequeños de izquierda a derecha. Si los nueve axones estuvieran libres, es decir, no incluidos en un nervio con sus múltiples envolturas, el 5° estímulo (estímulo umbral) desencadenaría la contracción de las 9 fibras musculares porque generaría un potencial de acción en cada axón; sin embargo, como dentro del nervio existen zonas de distinta impedancia, el estímulo no se propaga uniformemente a través de él. Aumentando la intensidad gradualmente es posible estimular los axones uno por uno.

## 2.3 Señales de estimulación

Un músculo normalmente inervado se puede estimular mediante pulsos eléctricos de corta duración aplicados sobre la piel suprayacente a él. En realidad, lo que se estimula es el nervio motor que lo inerva, siendo imposible trascutáneamente estimular directamente al músculo.

En general, el estímulo eléctrico ha de tener unos parámetros que nos proporcionen una estimulación segura, que no genere daño sobre el tejido, y a su vez funcional, es decir, ha de ser capaz de producir excitación, y por lo tanto, el movimiento o función deseada. En el caso de la estimulación muscular, la señal ha de ser capaz, por un lado de generar un potencial de acción y, por otro lado, ha de ser capaz de mantener una contracción sobre el músculo. Ya se vio en el siglo XIX cómo la excitación se origina mediante la



aplicación de señales eléctricas pulsadas y no continuas. A su vez, se observó como es necesario disponer de un tren de señales para mantener una contracción muscular. Estas premisas dan lugar a que un proceso convencional de estimulación esté constituido por un tren de pulsos.

Si la señal de estimulación es monofásica (pulsos sin recuperación de carga), cada pulso origina un incremento de la tensión de la interfase, la cual únicamente puede descargarse parcialmente entre pulso y pulso. En consecuencia, dependiendo de la frecuencia de los pulsos de estimulación y de la constante de descarga de la interfase, una estimulación continuada puede hacer que el potencial del electrodo se sitúe en la zona donde las reacciones capacitivas irreversibles se producen, originando dañado del electrodo y tejido.

Se ha demostrado que señales con recuperación de carga, también denominadas bifásicas, para la estimulación, a diferencia del uso de señales monofásicas, no daña el tejido. El hecho primordial que facilita que no exista dañado en el tejido se debe a la recuperación completa de la carga inyectada.

## **2.4 Eficacia de la electroestimulación intravaginal**

La electroestimulación de los músculos del piso pélvico, o directamente sobre los nervios que inervan dichos músculos, está utilizándose con éxito desde hace más de 30 años en el mundo de la urología, sobre todo para pacientes afectados de incontinencia urinaria.

Estudios anteriores han demostrado que la mejoría de pacientes puede ser observada para la incontinencia de urgencia después de 2 semanas y después de 8 a 12 semanas para la incontinencia de esfuerzo.

Un estudio publicado por la Revista Venezolana de Urología (Uson et al, 1990) referente a la aplicación de la estimulación eléctrica intravaginal, obtuvo resultados que acreditan el uso de esta técnica. Dicho estudio sometió a electroestimulación intravaginal 24 casos y 2 en intrarrectal, con sesiones diarias de 20 minutos durante 30 días. El tipo de corriente eléctrica fue de un impulso rectangular, intensidad de 30mA y de baja frecuencia.

La edad media de los pacientes fue de 47.6 años (rango de 10 y 73 años). En 14 enfermos había fracasado los anticolinérgicos, en 3 casos no los toleraron y 9 de ellos no habían recibido anticolinérgicos anteriormente. Luego de la estimulación eléctrica en 12 casos desapareció palaquiuria, urgencia e incontinencia urinaria. En 5 de los casos se comprobó una disminución de la frecuencia miccional pero con persistencia de cierta urgencia-incontinencia. En nueve de los casos no se encontró respuesta al tratamiento.

En los dos casos en los que se utilizó el electrodo anal, en uno se asoció desaparición de los síntomas urinarios, mientras que en el otro no se comprobó respuesta clínica de tratamiento.

De los 26 pacientes tratados se ha seguido un seguimiento urodinámico en los que se obtuvo una respuesta clínica favorable durante un periodo de 24 meses. De los 10 pacientes con respuestas positivas, el 80% se pudo observar que no hubo inestabilidad vesical. El 10% se observó inestabilidad vesical pero sin producción de incontinencia urinaria. El 10% restante se observó incontinencia urinaria e inestabilidad vesical.

En resumen, se obtuvieron resultados positivos del tratamiento intravaginal 65.3% de los pacientes. En el 46.1% se demostró desaparición de los síntomas urinarios; en el 19.2% se comprobó disminución de la polaquiuria, pero con persistencia de cierta urgencia-incontinencia y el 34.6% de los casos no se encontró respuesta al tratamiento. El síntoma de polaquiuria respondió más favorablemente a la estimulación eléctrica que la urgencia-incontinencia.

Este estudio señala que los resultados del tratamiento son mejores en comparación con los anteriores. Los resultados son a medio plazo y los pacientes no presentan síntomas secundarios ni infecciones, por lo cual consideramos que es un método muy eficaz y que su investigación debiera de extenderse para una futura aplicación en nuestro país.

## **3. Estimulador eléctrico propuesto**

La estimulación eléctrica muscular para el tratamiento de la incontinencia urinaria consiste en la contracción del piso pélvico con un electrodo intravaginal y es utilizada para los casos de incontinencia de esfuerzo y de urgencia.

### **3.1 Descripción general**

El estimulador propuesto es un sistema alimentado por la toma de corriente eléctrica, diseñado para el uso en el tratamiento de la incontinencia urinaria. El estimulador también dispone de un amplio rango de variaciones en los parámetros para efectos de investigación.

En incontinencia de esfuerzo, provoca la contracción de la superficie pélvica inferior interna para fortalecer dichos músculo, para ello es necesario aplicar pulsos de corriente con una frecuencia de 10 hasta 20 Hz.

En la incontinencia de urgencia ayuda a normalizar el reflejo de micción, que controla la función de la vejiga, mediante pulsos de corriente con una frecuencia de 50 Hz.

El modelo propuesto del gabinete (**Ilustración 3.1(a)**) fue manufacturado con PET y estireno, ya que estos materiales nos proporcionaban la rigidez, resistencia al calor e higiene deseados. El gabinete cuenta con una conexión BNC macho para la conexión del electrodo.

La propuesta para el material del electrodo (**Ilustración 3.1 (b)**) es hule de silicio de alta densidad con 15% de acrílico para la sonda y acero inoxidable para los anillos conductores. Ambos materiales son usados en prácticas biomédicas. El electrodo está fijo a un cable coaxial, que a su vez está unido a un conector BNC hembra.

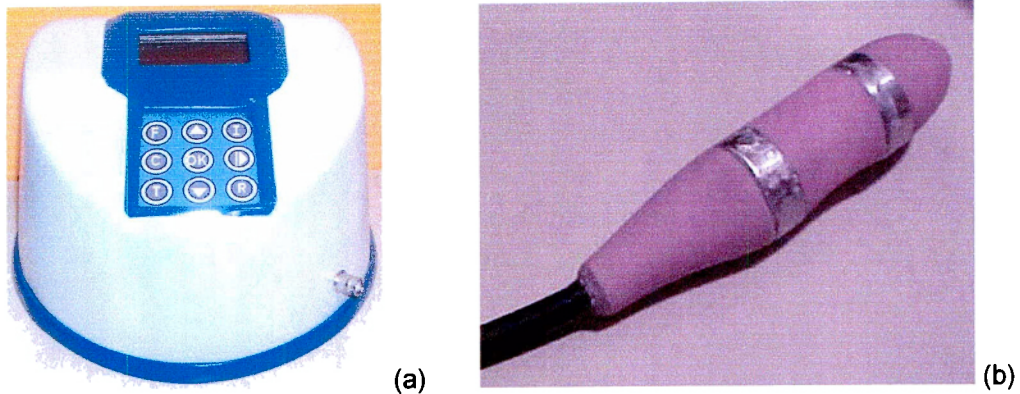


Ilustración 3.1 (a) Modelo del gabinete; (b) Modelo del electrodo

Entre las prestaciones del equipo se encuentran, la programación de los parámetros basados en el mayor conocimiento actualizado de la musculatura de la superficie pélvica inferior interna, los cuales son: la frecuencia, el ancho de los pulsos y la intensidad.

### 3.2 Especificaciones técnicas

Forma de onda:	Pulsos cuadrados bipolares ( <b>Figura 3.1</b> )
Corriente ajustable:	0 – 100 mA pico, con pasos de 2.5 mA
Frecuencia ajustable:	10 – 50 Hz, con pasos de 1Hz
Ancho del pulso:	200 – 500 $\mu$ s, con pasos de 100 $\mu$ s
Máxima tensión de salida:	600 Vpp en circuito abierto
Máxima corriente de salida:	100 mA sobre 3 K $\Omega$ de carga
Alimentación:	Toma de corriente eléctrica
Peso:	1500 gr.
Dimensiones:	20 x 20 x 14 cm.

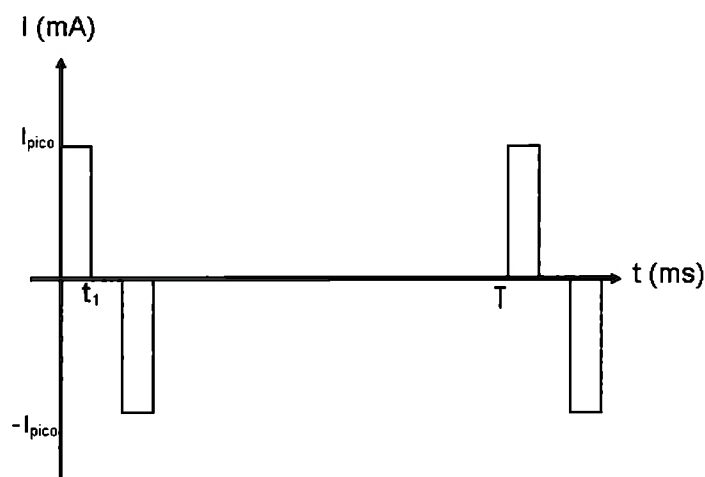
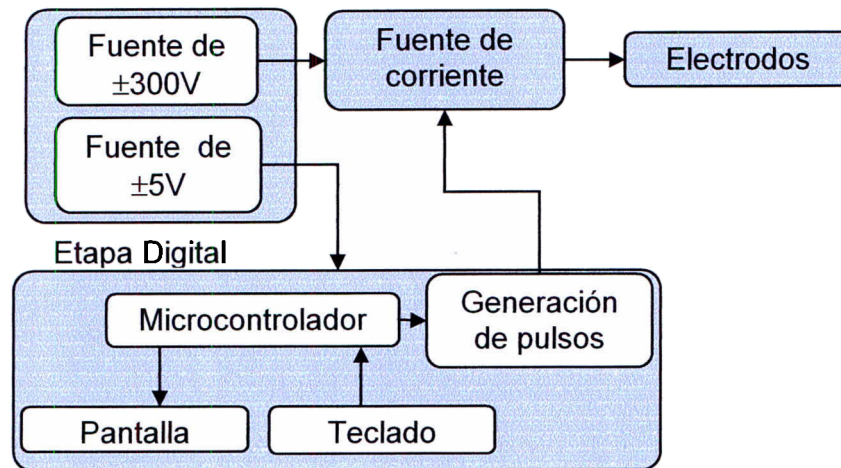


Figura 3.1 Forma de onda

### 3.3 Descripción por etapas

La **Figura 3.2** muestra los distintos bloques que conforma el estimulador propuesto.

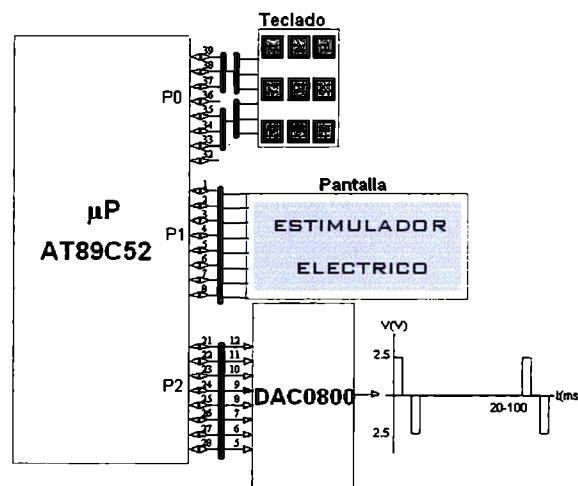


**Figura 3.2** Descripción del estimulador a bloques

Se diseñaron dos fuentes de alimentación de corriente directa, una para alimentar la etapa digital y la segunda para la fuente de corriente. La etapa digital está conformada por un microcontrolador que atiende a un teclado y a una pantalla y proporciona la palabra binaria para la generación de los pulsos. El tren de pulsos que se genera en la etapa digital ingresa a la fuente de corriente y finalmente, llega a los electrodos para estimular el piso pélvico.

#### 3.3.1 Etapa digital

En la **Figura 3.3** se puede observar la etapa digital, que consiste de un microcontrolador AT89C52, un teclado matricial, una pantalla de cristal líquido y un conversor digital analógico.

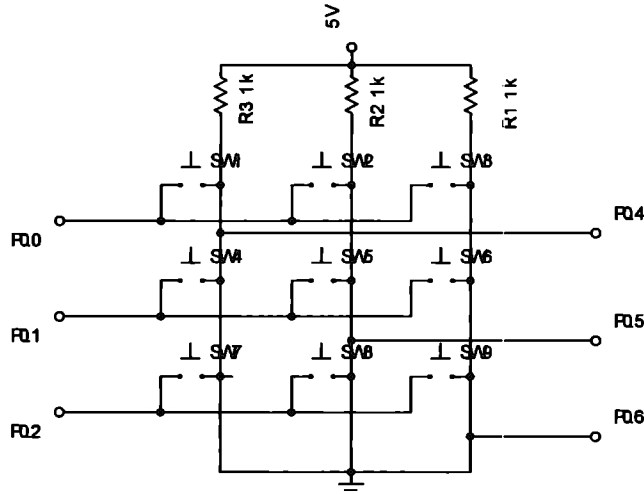


**Figura 3.3** Etapa digital

**Teclado**

El teclado que se utilizó fue de 3 líneas por 3 columnas. Las líneas se conectaron a los bits menos significativos del puerto cero y los bits más significativos se conectaron a las columnas del teclado matricial.

La **Figura 3.4** nos muestra la configuración que se adquirió para nuestro teclado.



**Figura 3.4** Teclado

El microcontrolador enviará una máscara hacia el puerto cero, esta máscara permite enviar unos lógicos en las filas. Cuando el usuario presiona una tecla, cierra un circuito que permite al microcontrolador leer un valor distinto de cero en los bits más significativos del puerto. Cuando el microcontrolador nota este cambio, realiza posteriormente un barrido para saber cuál tecla fue oprimida. La rutina que realiza todas estas manipulaciones es la rutina llamada teclado, esta rutina también incluye una que elimina el rebote.

La tecla SW9 fue desconectada de la matriz y se utilizó para el reset del microcontrolador.

**Pantalla**

Se adquirió una pantalla de cristal líquido de 4 filas y 16 columnas.

La siguiente tabla nos muestra el diagrama de pines del LCD utilizado:

Pin	Descripción
1	Tierra
2	Vcc
3	Voltaje de contraste
4	'R/S' Registro de instrucción
5	'R/W' Registros de Lectura y Escritura
6	'E' Reloj
7-14	Puerto de entrada y salida

**Tabla 3.1** Conexión de pines

En los pines 1 y 2 se alimenta al circuito; en el pin 3 se conectó una resistencia de 1KΩ para tener un contraste que permita ver la imagen claramente.

El pin 'R/S' es para indicar si una instrucción o un dato es transferido a través del microcontrolador y el LCD; El R/W es para indicar si se escribirá en la pantalla o se leerá de la memoria de dicho dispositivo.

El pin 'E' le indicará al microcontrolador si ya ha terminado de realizar una determinada instrucción. Este retardo es de aproximadamente 450nseg.

Los últimos pines (7-14) son los encargados de la transmisión de datos, los datos pueden ser de entrada o de salida. En el caso de entrada, los bits contendrán el valor ASCII de cada carácter a escribir.

En la siguiente tabla se muestran las diferentes instrucciones que se pueden realizar en la pantalla de cristal líquido que utilizamos.

R/S	R/W	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	Descripción
4	5	14	13	12	11	10	9	8	7	Pines
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	Limpiar Pantalla
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	* Retorno del cursor a al posición inicial
0	0	0	0	0	0	0	1	ID	S	Establecimiento de la dirección del cursor
0	0	0	0	0	0	1	D	C	B	Activación del cursor
0	0	0	0	0	1	SC	RL	*	*	Movimiento del cursor
0	0	0	0	1	DL	N	F	*	*	Ancho de la interfaz
0	0	0	1	A	A	A	A	A	A	Movimiento del cursor a la CGRAM
0	0	1	A	A	A	A	A	A	A	Mover el cursor al Display
0	1	BF	*	*	*	*	*	*	*	Bandera de espera
1	0	D	D	D	D	D	D	D	D	Escribir una letra en el Display
1	1	D	D	D	D	D	D	D	D	Lectura de la letra

**Tabla 3.2** Lista de instrucciones

Donde cada letra significa:

- ID: incremente el cursor después de cada byte escrito en la pantalla
- S: Corrimiento de la pantalla cuando un Byte es escrito en el pantalla
- D: Pantalla encendida activado (1) / desactivado (2)
- C: Cursor encendido activado (1) / desactivado (2)
- B: Parpadeo del cursor activado (1) / desactivado (2)
- SC: Corrimiento del cursor activado (1) / desactivado (2)
- RL: Dirección del cursor hacia la derecha activado (1) / desactivado (2)
- DL: Ancho de la información 8(1)/4(0)
- BF: Bit que nos permite saber si el LCD está procesando información
- A: dirección
- D: datos

Cada una de las instrucciones anteriores son necesarias para el control de nuestro LCD y cada una de ellas tienen que esperar cierto periodo de procesamiento para posteriormente continuar con la siguiente instrucción. Dicho retardo que debe ejecutar el microcontrolador es de aproximadamente 160μs.

*Generación de pulsos*

Para esta etapa se empleó un convertidor digital analógico 0800; las conexiones realizadas para la operación del DAC0800 fueron las siguientes:

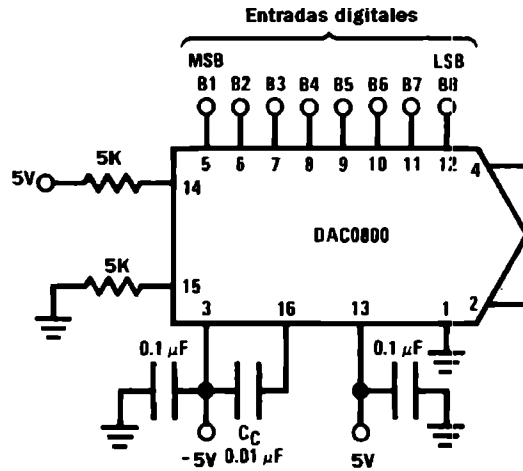


Figura 3.5 Conexión del DAC

Se estableció un voltaje de referencia de 5V, así como también una alimentación de ±5V. Para obtener doble polaridad en nuestra señal fue necesario realizar una configuración como la que se muestra en la Figura 3.6, que obtuvimos de la hoja de especificaciones del DAC0800.

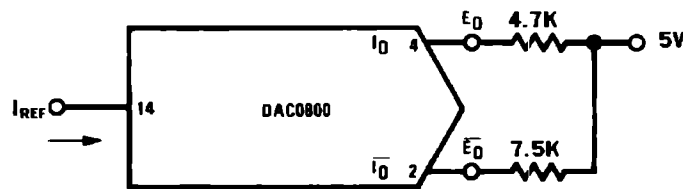


Figura 3.6 Configuración para doble polaridad

La corriente de referencia está establecida por el voltaje de referencia, es decir, la relación del voltaje de referencia con la corriente de referencia es:

$$I_{REF} = \frac{V_{REF}}{5K\Omega}$$

Esta corriente de referencia es nuestro valor máximo a la salida de nuestro convertidor digital analógico. Se tienen dos opciones de salida: el pin 4 y el pin 2. La única diferencia que hay entre los dos es que son opuestos. Se decidió tomar el valor del pin 2.

Una vez elegida la configuración del convertidor digital analógico, se procedió a realizar las pruebas con el microcontrolador. En las pruebas se verificó que para un voltaje igual a cero se tenía una palabra lógica de 01111010, es decir, un valor decimal de 122. El valor máximo del voltaje a la salida se obtiene aplicando una palabra binaria de 10100010; cuyo



valor decimal equivale a 162. En el caso del voltaje mínimo, se aplica una palabra lógica de 01010010, es decir, el número 82 en su equivalente decimal. Con estas pruebas pudimos notar que para llegar al máximo y mínimo valor de nuestra señal era necesario hacer 40 cambios de 2.5mA cada uno.

#### *Código de programación del microcontrolador*

El código del microcontrolador inicia con los siguientes parámetros:

El TMOD es configurado para operar los timers en el modo 1, es decir, utiliza dos registros de 8 bits; uno de ellos recarga al otro registro cuando éste se desborda. Los registros se calcularon de tal manera que sean múltiplos de un minuto, de esta manera se podía sacar el conteo de minutos de una manera sencilla.

La palabra IE se configuró para utilizar los timers 1 y 2 como interrupciones internas. Las memorias que son inicializadas son utilizadas ya sea para el control de la memoria o para la manipulación de los retardos.

Después de la inicialización de los parámetros se hacen los llamados a distintas rutinas. A continuación se describen cada una de ellas, así como los valores que controlan.

- Inicializar

Esta rutina se encarga de llevar a cabo la tarea de inicialización de la pantalla de cristal líquido. En dicho programa se mandan palabras de control al LCD; cada palabra de control que es enviada por el microcontrolador es procesada por el LCD durante un intervalo de tiempo; cuando dicho intervalo es terminado el LCD envía a la bandera de ocupación el valor de 0.

- Espera\_LCD

Esta rutina es la encargada de esperar el tiempo de procesamiento del LCD. En esta rutina se envía el valor hexadecimal FF al puerto 1, después de haberlos enviado se lee el valor del puerto para preguntar posteriormente por la bandera. Una vez que la bandera tenga el valor de 0, el LCD está listo para realizar la siguiente instrucción.

- Mover\_Cursor

Dicha rutina se elaboró para el manejo del cursor. En el programa hay muchos cambios de posición del cursor, así que se asignó una memoria especial para el almacenamiento de la posición del cursor, dicha memoria es la 38H. Así, si se quiere cambiar de posición, sólo hay que especificar el valor de la posición en la memoria 38H y posteriormente llamar a la rutina Mover\_Cursor. Al salir de esta rutina el cursor estará posicionado en el lugar asignado.

- Limpia

Rutina que se encarga de hacer un borrado a toda la pantalla de cristal líquido. La rutina envía la palabra binaria 00000001 al LCD la cual indica que realice un borrado completo de la pantalla. Esta palabra de bits se obtuvo de la **Tabla 3.2**

- **Escribir**

La rutina contiene un código que nos permite escribir cualquier carácter en código ASCII. Antes de entrar a esta rutina, es necesario introducir el valor del código ASCII en el acumulador ya que la rutina se encarga de leer el valor del acumulador para posteriormente desplegarlo en la pantalla de cristal líquido. Por supuesto que esta rutina hace una llamada al `Espera_LCD` para la espera de procesamiento.

- **Presentación**

Esta rutina despliega la frase "Estimulador eléctrico", que sirve como presentación del dispositivo en el momento de encendido. Esta rutina llama también a las rutinas mencionadas anteriormente (`Escribir`, `Limpia`, `Espera_LCD`).

- **Teclado**

Rutina encargada de identificar la tecla que se presionó, cada una de las teclas tiene asignado un valor el cual es guardado en el registro 7. Si se quiere saber que tecla presionó el usuario, sólo hay que leer el valor de este registro.

- **Parametros**

La rutina se encarga de desplegar en la pantalla los valores de los parámetros guardados en memoria. Cada dígito de los parámetros tiene su memoria asignada. El valor de la frecuencia se guarda en las memorias 45H y 46H. Para el parámetro de ancho del pulso tenemos sólo un espacio en la memoria 66H, esto es debido a que el valor sólo se modifica un dígito. Para el caso de la intensidad, los espacios ocupados fueron 18H, 36H y 34H donde el 18H es el más significativo, mientras que el 34H es el menos significativo. Y por último tenemos el parámetro del tiempo del cual será manipulado mediante las memorias 58H y 56H.

- **Print\_tiempo**

El usuario, una vez que haya elegido el parámetro deseado a cambiar, visualiza una nueva presentación; esta presentación varía dependiendo el parámetro a modificar. En el caso de la rutina `Print_tiempo`, se verán los valores máximos y mínimos del parámetro tiempo. El valor mínimo es 0 min, sin embargo el programa generará un mensaje de advertencia por no tener tiempo de sesión; el valor máximo es de 30 minutos. El usuario podrá ver como se modifica el valor del tiempo conforme oprime los cursores.

- **Print\_intensidad**

Rutina que realiza esencialmente las mismas acciones que la rutina `Print_tiempo`, sólo con la diferencia de que esta rutina maneja valores distintos como máximos y mínimos. La rutina de intensidad va cambiando el valor de la amplitud que tenga el pulso al momento de iniciar la sesión.

- **Print\_Frecuencia**

La rutina Print\_Frecuencia despliega los valores guardados en memoria que han sido modificados; el valor mínimo de frecuencia es de 10Hz y la máxima es de 50Hz. Cada cambio efectuado por el usuario se mostrara en la pantalla de cristal líquido.

- **Print\_Ciclo**

Dicha rutina se encarga de desplegar los valores actuales del ancho del pulso. La variable a modificar para obtener visualmente estos cambios es almacenada en la memoria 66H. Cada cambio es modificado mediante las teclas dibujadas con una flecha. Estos cambios pueden ser modificados de nuevo una vez introducidos en la memoria.

- **Param\_frecuencia**

Una vez que es llamada la rutina para desplegar los valores guardados se llama a esta rutina para modificar los valores impresos por Print\_Frecuencia. Esta rutina llama a Teclado para saber que tecla presiona el usuario, el micro espera 3 valores distintos del teclado; dos de ellos son los valores que modifican el parámetro y el otro se encarga de aceptar los valores modificados, dicho botón es el que tiene las letras "OK". Una vez apretado el botón "OK" la rutina habrá terminado teniendo los valores guardados en memoria.

- **Param\_ciclo**

La rutina es llamada después de haber llamada a su correspondiente rutina para desplegar los parámetros guardados en memoria. Param\_ciclo se encarga de llamar a Teclado para después esperar los tres distintos valores deseados. Las flechas que están dibujadas en el teclado se encargarán de modificar el parámetro ancho del pulso; la que tiene impresa la palabra "OK" se encargara de aceptar el valor modificado por el usuario, saliendo así de esta rutina.

- **Param\_intensidad**

Rutina para cambiar la intensidad de la corriente antes de ser establecidos los pulsos. Esta rutina llama a la que es denominada Teclado para posteriormente esperar tres valores deseados. El valor mínimo que se puede obtener es 0 y el máximo es de 100. se necesita hacer 40 cambios para llegar desde el valor mínimo al máximo. El valor que se introduzca en esta rutina será reflejado a la hora de iniciar la sesión. Cuando el usuario este de acuerdo con la modificación debe apretar el botón "OK" para que posteriormente el microcontrolador salga de la rutina.

- **Param\_tiempo**

La rutina Param\_tiempo se encarga de modificar el valor del tiempo en minutos, este valor es establecido por el usuario dependiendo de la duración que se le haya indicado. Esta rutina se encarga de hacer lo mismo que las anteriores: modificar el valor del parámetro. La rutina solo esperará tres teclas oprimidas por el usuario que son: la flecha hacia arriba, flecha hacia abajo y el OK. Las dos flechas modifican el valor del tiempo y la de "OK" es apretada cuando el usuario esta de acuerdo con el tiempo de sesión desplegado por la pantalla de cristal líquido.

- **Conver**

Rutina encargada de hacer la conversión del valor de frecuencia guardado en la memoria 37H en los valores correspondientes de los retardos. Dichos valores están guardados en los espacios de 63H y 25H. Estos valores son utilizados posteriormente para hacer los retardos para formar la onda. La memoria 37H es modificada en la rutina Param\_frecuencia; el valor de esta memoria es inicialmente 10.

- **Conver\_Ciclo**

Conver\_Ciclo es una rutina que se encarga de la asignación del ancho del pulso, este cambio está guardado en la memoria 66H y es modificado por medio de la rutina Param\_ciclo. El cambio es guardado en la memoria 62H para ser utilizada posteriormente por el micro. Cada cambio de ancho estará dado por un cambio de 100µs.

- **Reiniciar\_Param**

Esta rutina realiza un efecto de barrido que nos indica que el usuario ha estado de acuerdo con todos los parámetros introducidos e iniciará la sesión. La rutina utiliza las mismas memorias que la rutina de Parametros.

- **Pulsos**

Es llamada cuando el usuario está de acuerdo con los parámetros introducidos. La rutina llama a la vez otras dos rutinas, una de ellas nos proporciona los pulsos en función de lo establecido anteriormente y la otra nos permitirá el control de la amplitud de dicho pulso. Esta rutina se encarga también de comparar y revisar que el tiempo no sobrepase el límite establecido por el usuario.

- **Control\_amplitud**

Esta rutina es llamada cuando los pulsos son iniciados, en cualquier momento durante la sesión el usuario puede modificar la intensidad. La rutina sólo cambiará el valor que tiene la memoria de intensidad, además de que mandará por el puerto 2 el valor correspondiente al cambio de amplitud.

El código del programa se muestra en el **ANEXO 1**.

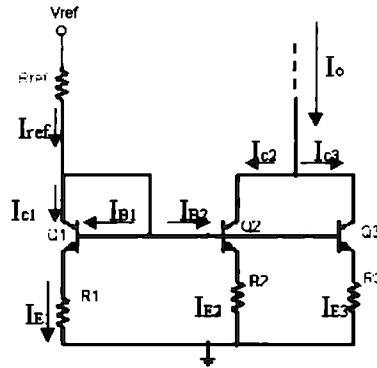
### **3.3.2 Etapa de amplificación de corriente**

Una vez ya generado los pulsos de estimulación con los parámetros seleccionados, se ingresa a la fuente de corriente, la cual tiene como función elevar la amplitud de los pulsos hasta un nivel deseado de 100 mA. La configuración que se utiliza tiene la característica de tener una resistencia baja y proporcionar corriente constante, factor que se debe tomar en cuenta debido a las variaciones de la impedancia del paciente.

Esta etapa está conformada por dos fuentes de corriente, una para la parte positiva del pulso y la otra para la negativa, recordemos que la forma de los pulsos es bipolar. La configuración utilizada está basada en espejos de corriente, específicamente el diseño partió de la configuración de espejos de corriente de Widlar, en la cual con un arreglo de

transistores, resistencias en los emisores y una corriente de referencia se genera una corriente de salida menor o mayor a la corriente de referencia, dependiendo de los valores de las resistencias.

En la **Figura 3.7** se muestra el circuito básico del cual se parte para nuestra etapa de amplificación.



**Figura 3.7** Espejos de corriente de Widlar

La idea básica de una configuración de espejo de corriente es reflejar la corriente de referencia hacia la corriente de salida  $I_o$ . Sin embargo lo que se desea en nuestro caso es obtener una  $I_o$  mayor a partir de  $I_{ref}$ .

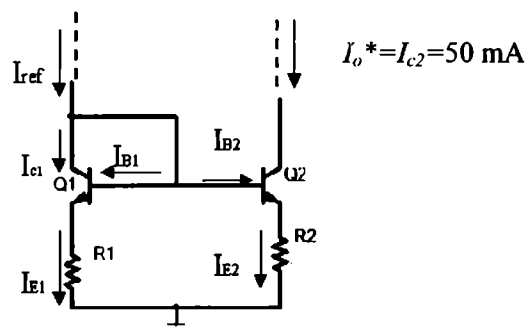
Los datos con los que se parte son:

$$I_o = 100 \text{ mA}$$

$$I_{ref} = 2 \text{ mA}$$

$V_{ref} = 2.2 \text{ V}$ ; valor de la amplitud máxima de los pulsos a la salida de la etapa de generación de pulso.

A continuación se muestra la relación de las corrientes y el cálculo de las resistencias. Para efectos prácticos de análisis no se considera el transistor  $Q_3$ , el cual su función es la de apoyar al transistor  $Q_2$ , es decir la corriente de salida  $I_o$  se distribuye en  $I_{c2}$  e  $I_{c3}$ , en la que circula en cada una de ellas 50 mA. Por lo tanto, el circuito queda como se muestra en la **Figura 3.8**.



**Figura 3.8** Espejo de corriente simplificado

Relación de ecuaciones

$$I_o = I_{c2} = I_{se} \frac{V_{BE2}}{V_T} \quad (3.1)$$

$$I_{ref} = I_{c1} = I_{se} \frac{V_{BE1}}{V_T} \quad (3.2)$$

Resolviendo para el voltaje V-E, se obtiene

$$V_{BE2} = V_T \ln\left(\frac{I_o}{I_s}\right) \quad (3.3)$$

$$V_{BE1} = V_T \ln\left(\frac{I_{ref}}{I_s}\right) \quad (3.4)$$

Combinando las ecuaciones (3.3) y (3.4)

$$V_{BE1} - V_{BE2} = V_T \ln\left(\frac{I_{ref}}{I_o^*}\right) = 8.8918mV \quad (3.5)$$

Por otro lado desde el circuito obtenemos las siguientes ecuaciones:

$$V_{BE1} = V_{ref} - I_{ref} R_{ref} - I_{ref} R_1 \quad (3.6)$$

$$V_{BE1} = V_{ref} - I_{ref} R_{ref} - I_o^* R_2 \quad (3.7)$$

Combinando las ecuaciones (3.6) y (3.7)

$$V_{BE1} - V_{BE2} = I_{ref} R_1 - I_o^* R_2 \quad (3.8)$$

$$V_T \ln\left(\frac{I_{ref}}{I_o^*}\right) = I_{ref} R_1 - I_o^* R_2 \quad (3.9)$$

Despejando  $R_1$

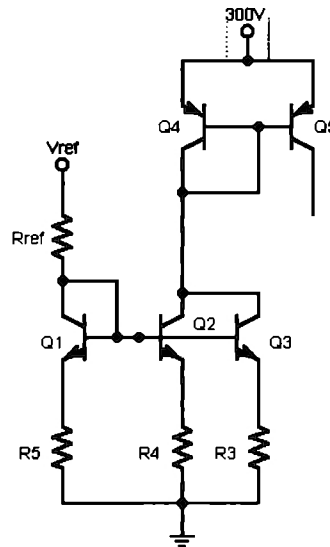
$$R_1 = \frac{I_o^* R_2 - 8.8918}{I_{ref}} = 25R_2 - 8.8918 \quad (3.10)$$

Si se fija  $R_1$  a  $100\Omega$ , el valor de  $R_2$  es de  $4.35\Omega$ , ya teniendo estos valores se sustituyen en la ecuación (3.6) para obtener  $R_{ref}$  de  $650\Omega$ .

Como se mencionó anteriormente, el transistor  $Q_3$  se colocó en paralelo con  $Q_2$  para distribuir los 100 mA. Ya obteniendo la corriente de salida se coloca otro espejo de

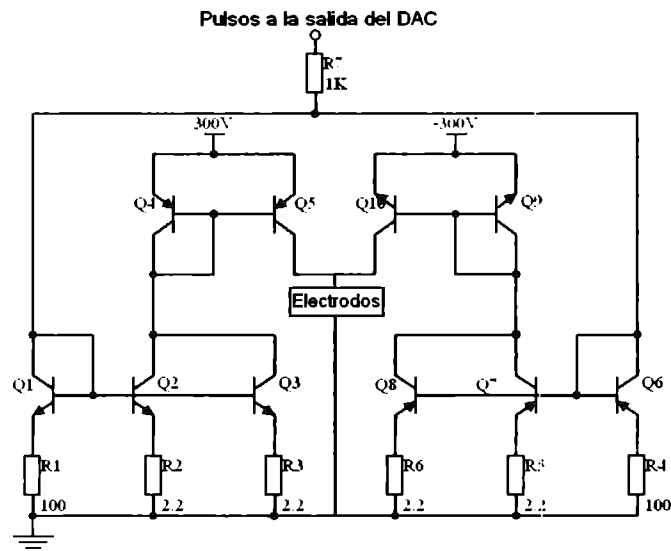
corriente de ganancia unitaria con el objetivo de acoplar el voltaje de alimentación requerida para amplificar a la carga. Se considera que la carga tiene una impedancia entre 1 y 3kΩ, por lo tanto se debe alimentar con un voltaje mínimo de 300 V.

En la **Figura 3.9** se muestra el circuito completo para la amplificación para el pulso positivo. Para la amplificación del pulso negativo se utiliza la misma configuración, sólo cambiando el tipo de transistores para que trabajen en sentido contrario y alimentando esta con -300 V.



**Figura 3.9** Fuente de amplificación para el pulso positivo

En la **Figura 3.10** se muestra el circuito completo ya anexando los dos espejos de corriente y señalando la salida hacia los electrodos.



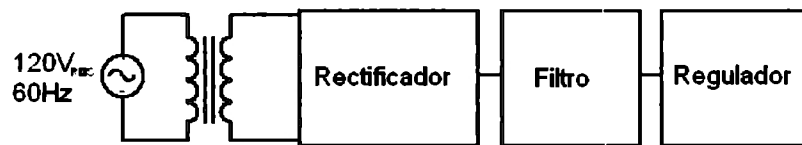
**Figura 3.10** Etapa de amplificación de corriente

Los transistores que se utilizaron son MJE340 (NPN) y el MJE350 (PNP), los cuales son transistores de mediana potencia, que fueron requeridos debido al voltaje que se esta manejando.

### 3.3.3 Etapa de alimentación

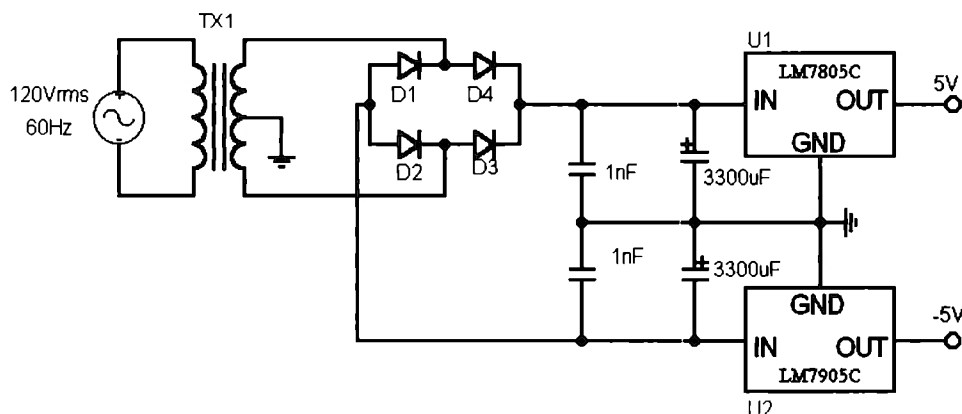
Cada etapa requiere de energía, traducido en voltaje y corriente mínimas para su correcto funcionamiento. Para nuestro proyecto se requirió de diseñar fuentes de baja tensión para la alimentación de la etapa digital ( $\pm 5\text{ V}$ ) y otra fuente de mediana tensión para la etapa de amplificación de corriente ( $\pm 300\text{ V}$ ).

El equipo es alimentado a través de la toma de corriente eléctrica, sin embargo es una alimentación de corriente alterna y para nuestro equipo se necesita de corriente constante. En la **Figura 3.11** se muestra los bloques para el diseño de una fuente de alimentación de corriente directa.



**Figura 3.11** Fuente de alimentación

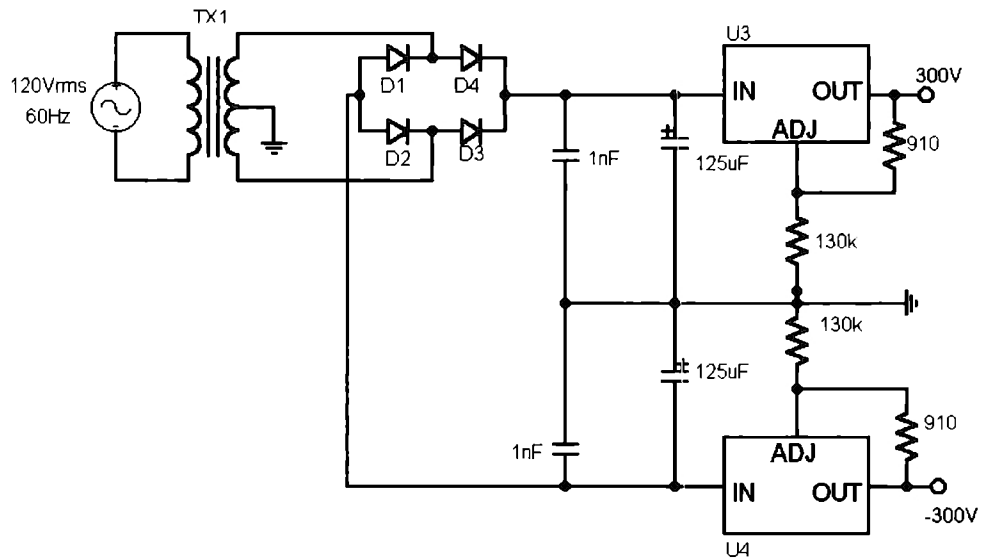
Para la fuente de alimentación de ( $\pm 5\text{ V}$ ) se utilizó un transformador reductor de 120V/14V a 100mA con derivación central para obtener tanto valores positivos como negativos. Para la etapa de rectificación se utilizaron diodos 1N4007, en la etapa del filtro se utilizaron capacitores de  $4300\mu\text{F}$  a 50V y en la etapa de regulación de voltaje se utilizaron los componentes LM7805 para el voltaje positivo y el LM7905 para el negativo. En la **Figura 3.12** se muestra el circuito de la fuente de  $\pm 5\text{ V}$



**Figura 3.12** Fuente de  $\pm 5\text{ V}$



Para la fuente de  $\pm 300\text{V}$  se utiliza el mismo esquema, solo que se utiliza un transformador elevador de  $120\text{V}/424\text{V}$  con derivación central, se utilizan diodos 1N5408 para la rectificación. En la **Figura 3.13** se muestra el circuito completo.



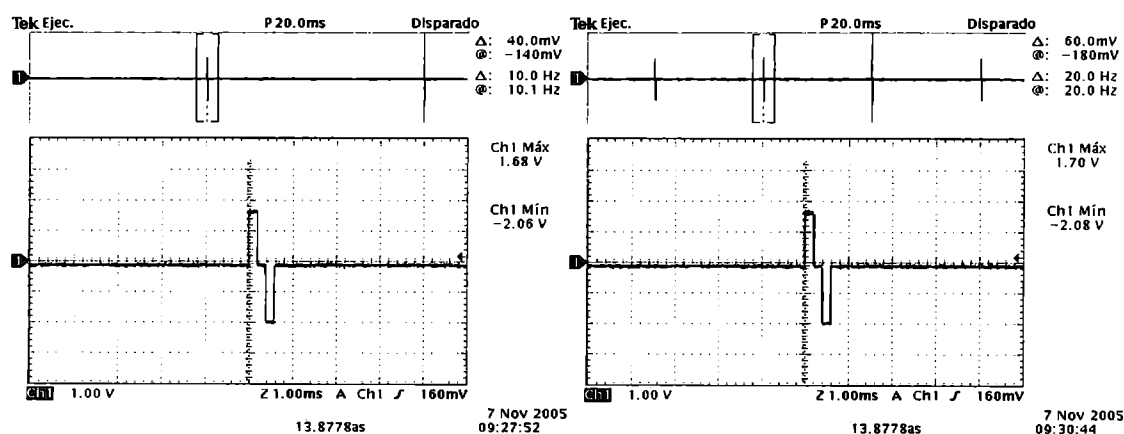
**Figura 3.13** Fuente de  $\pm 300\text{V}$

Los elementos U3 y U4 son los reguladores de voltaje LM317 y LM337, respectivamente. El arreglo de resistencias fue diseñado de tal forma que la diferencia entre los voltajes de entrada y salida de los reguladores no sobrepase los 25V y de esta forma se garantiza el correcto funcionamiento de estos.

## 4. Resultados obtenidos en laboratorio

Como primer resultado mostramos los pulsos a la salida de la etapa digital, es decir a la salida del DAC, con distintos parámetros.

En cada imagen obtenida del osciloscopio se muestran dos escalas de tiempo, la gráfica superior tiene el objetivo de mostrar el tren de pulsos y su frecuencia, mientras que la gráfica inferior, que es una ampliación en el tiempo, muestra la forma de los pulsos, su ancho y amplitud.



(a)

(b)

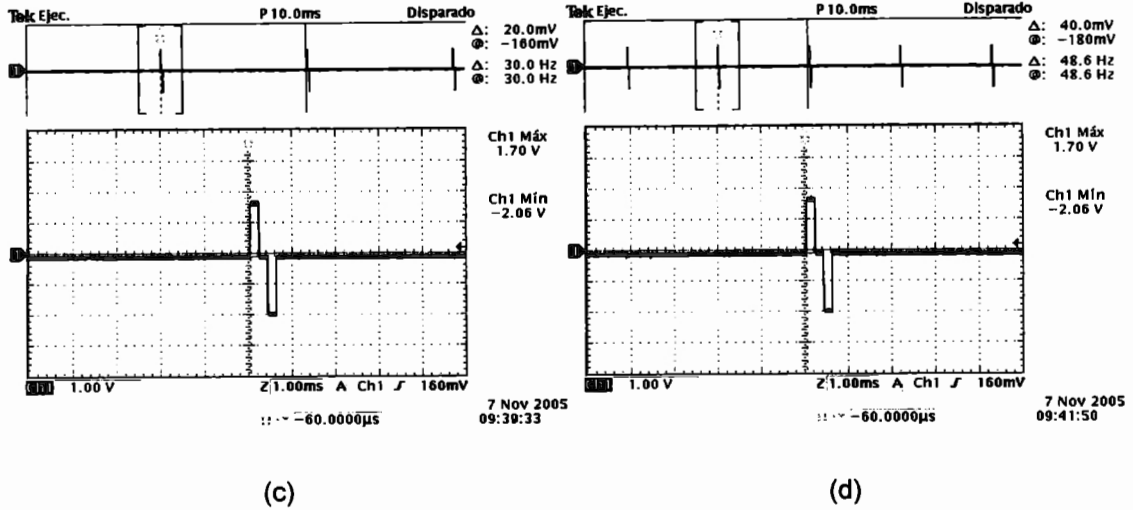


Figura 4.1 Pulsos a diferentes frecuencias: (a) 10Hz, (b) 20 Hz, (c) 30Hz, (d)50Hz

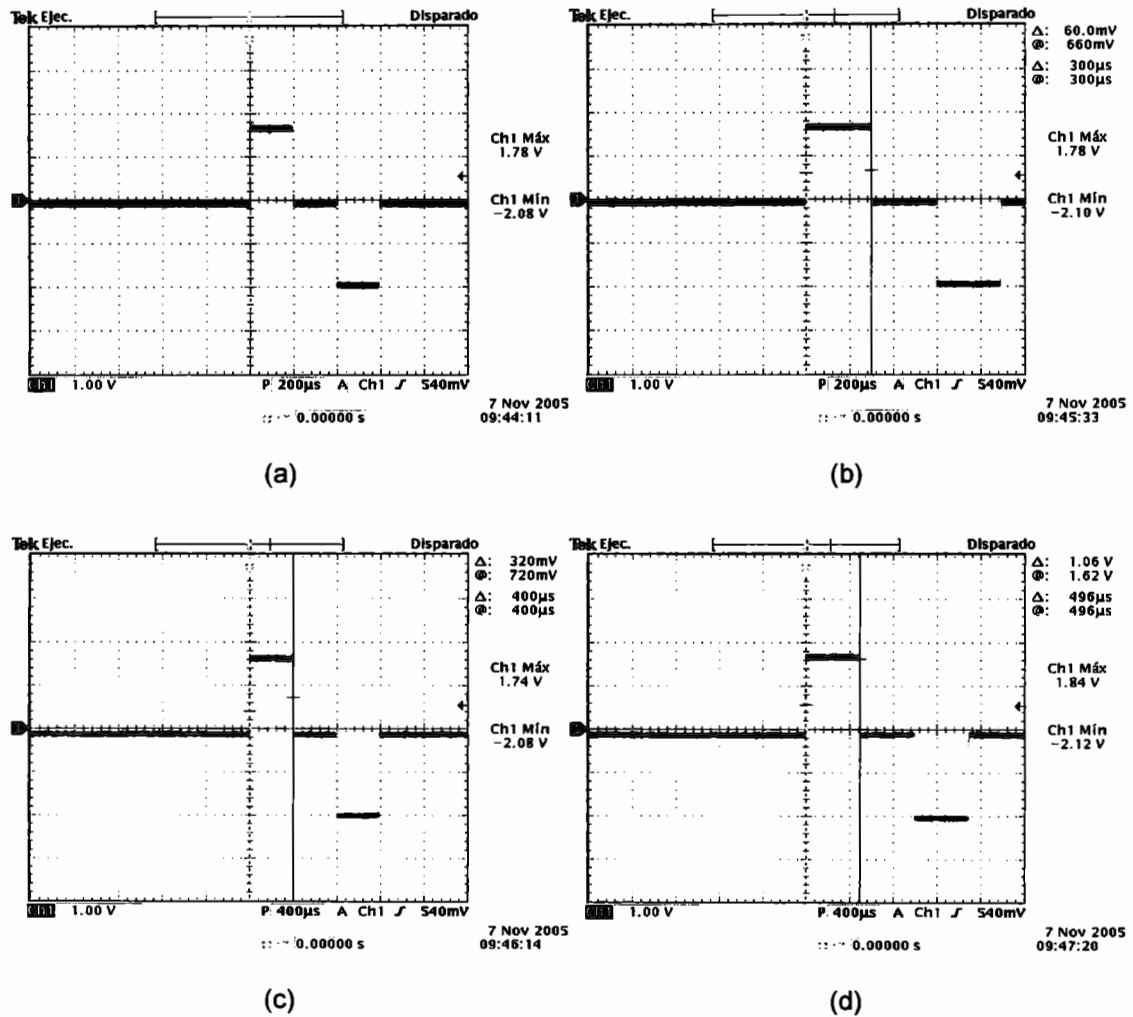


Figura 4.2 Pulsos con diferente duración: (a) 200μs, (b) 300μs, (c) 400μs y (d) 500μs

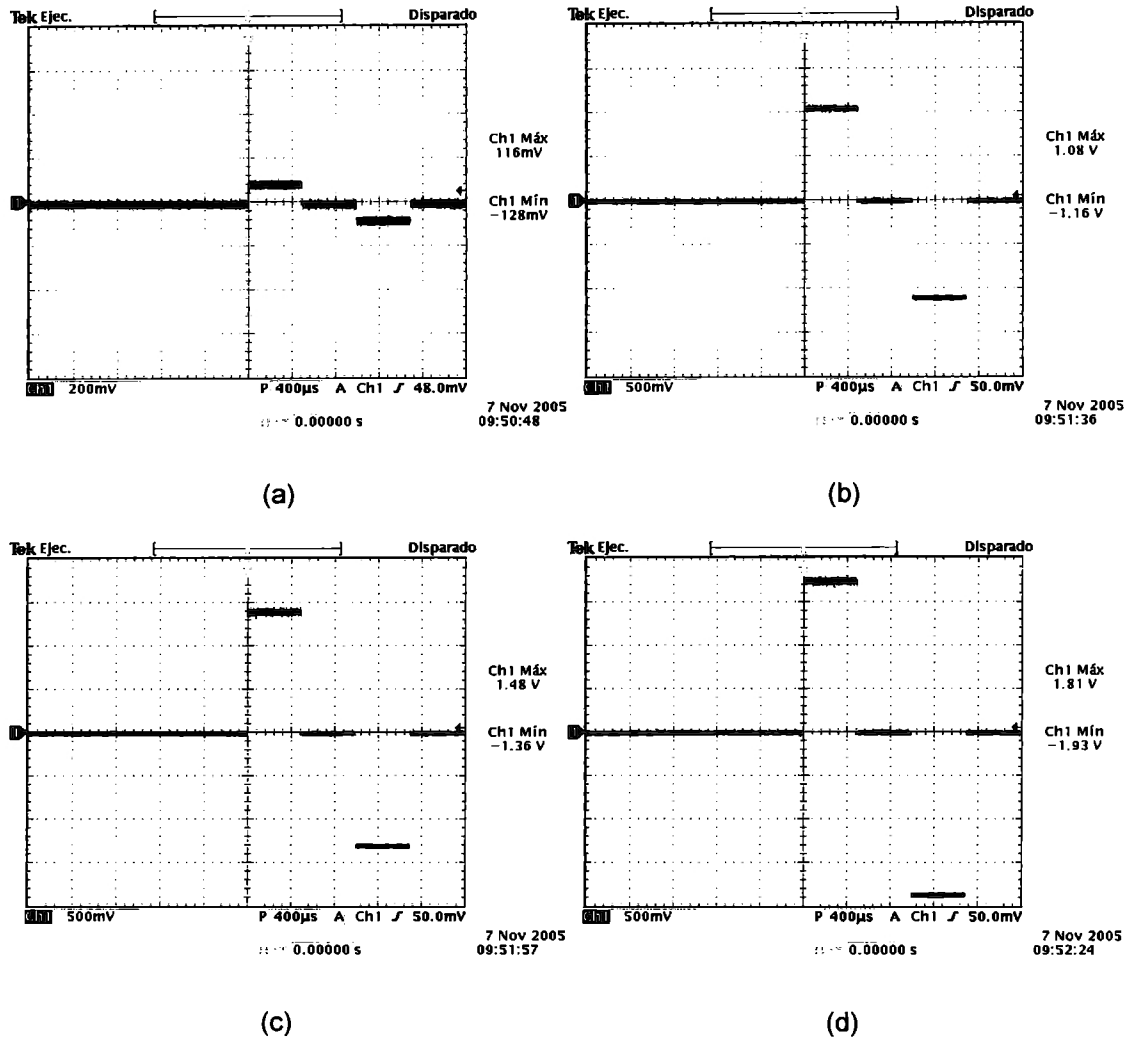


Figura 4.3 Pulsos con diferente intensidad: (a) 2mA, (b) 50mA, (c) 75mA y (d) 100mA

Como segundo resultado mostramos una imagen obtenida mediante el osciloscopio de los pulsos amplificados, con una carga puramente resistiva. En la misma pantalla se pueden ver los pulsos a la salida del DAC (en la parte superior) y los amplificados (en el inferior).

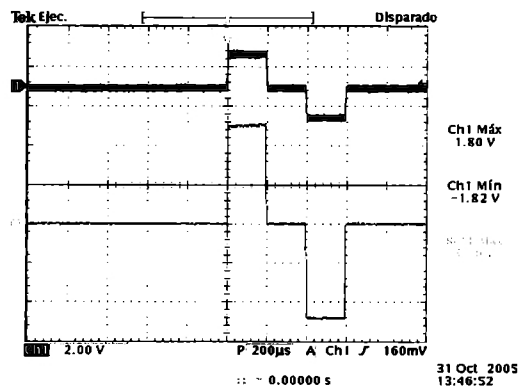


Figura 4.4 Pulsos amplificados en una carga puramente resistiva

Finalmente mostramos los pulsos obtenidos después de la etapa de amplificación, aplicados sobre la epidermis, con distintos parámetros.

En cada imagen obtenida del osciloscopio se muestran dos escalas de tiempo, la gráfica superior tiene el objetivo de mostrar el tren de pulsos y su frecuencia, mientras que la gráfica inferior, que es una ampliación en el tiempo, muestra la forma de los pulsos, su ancho y amplitud.

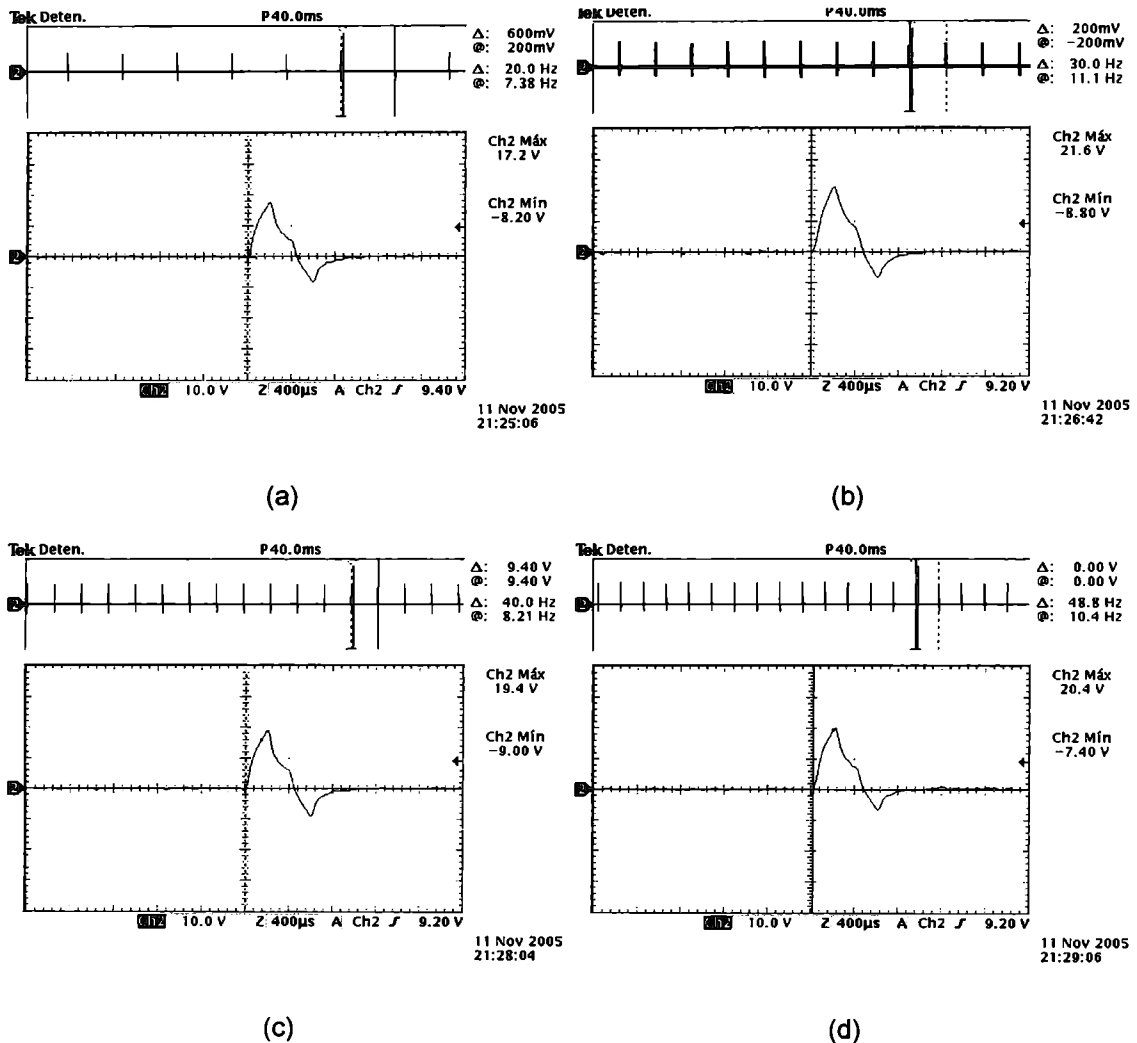


Figura 4.5 Pulsos a diferentes frecuencias: (a) 20Hz, (b) 30 Hz, (c) 40Hz, (d)50Hz

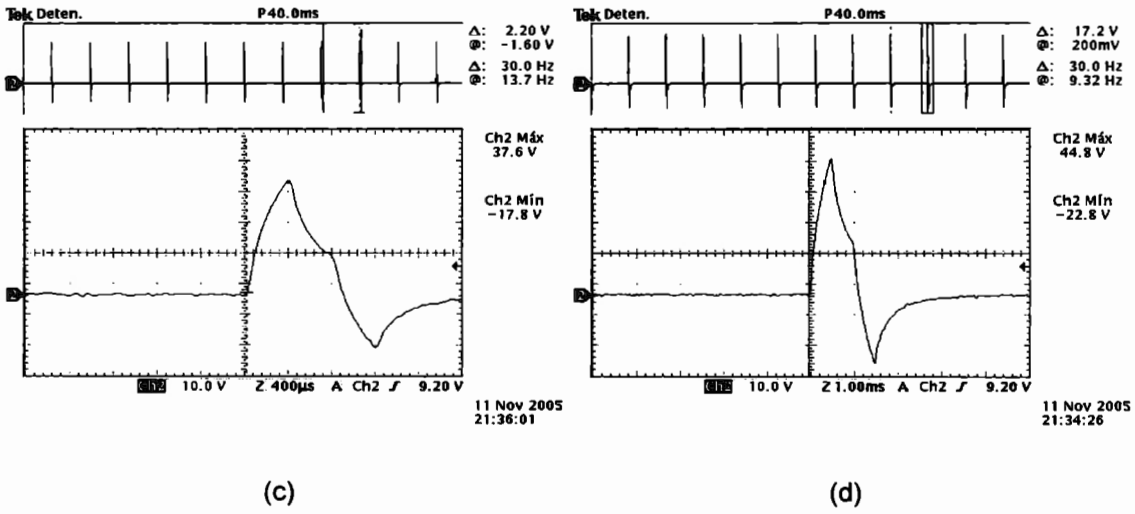
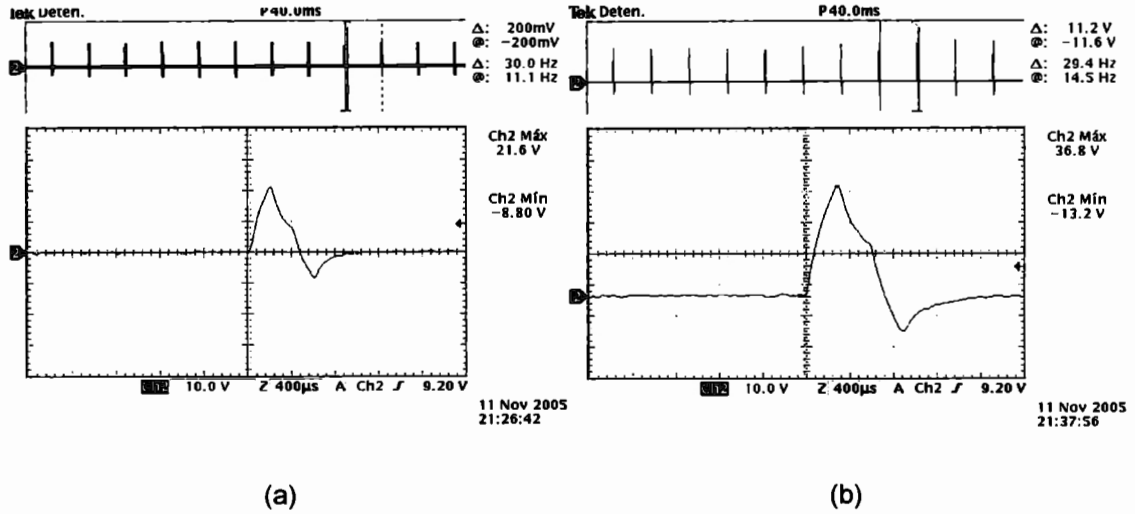


Figura 4.6 Pulsos con diferente duración: (a) 200µs, (b) 300µs, (c) 400µs y (d) 500µs

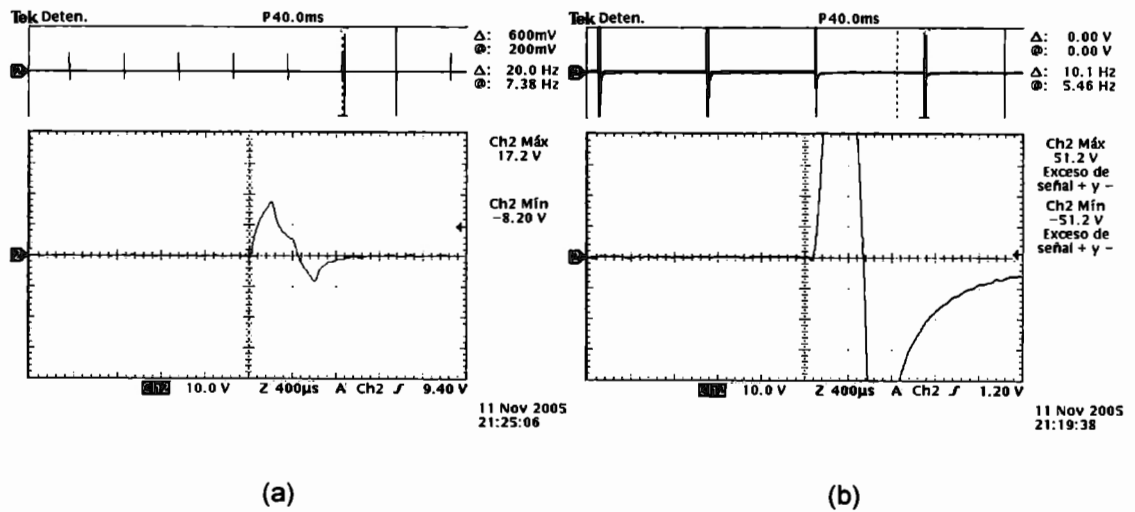


Figura 4.7 Pulsos con diferente intensidad: (a) 20mA, (b) 45mA

En esta última prueba, sobre la epidermis se observó el comportamiento capacitivo de la piel. En la siguiente figura se muestra una comparación de la forma de onda obtenida al aplicar el tren de pulsos a una carga puramente resistivo o la piel. En el primer intervalo cuando se aplica un pulso positivo, se observa una carga exponencial, hasta llegar al siguiente intervalo en donde no hay estimulación y comienza la descarga característica de la piel, hay que destacar, que de no tener un siguiente pulso negativo, se acumularía un pequeño potencial que finalmente causaría daño en el tejido ya que dicho pulso ayudará a la recuperación completa de la carga inyectada.

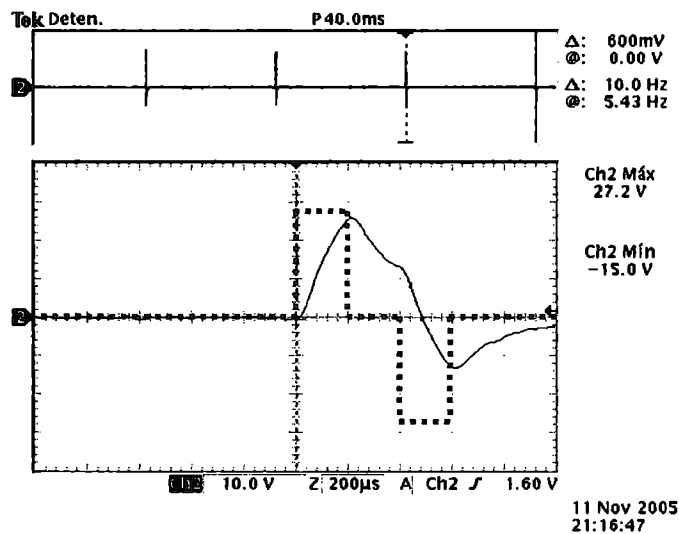


Figura 4.8 Comparación de la forma de onda obtenida al aplicar el tren de pulsos a una carga puramente resistivo o la piel

En esta prueba también se observó que los parámetros establecidos (frecuencia, ancho del pulso e intensidad) no variaron frente a estas condiciones de impedancia.

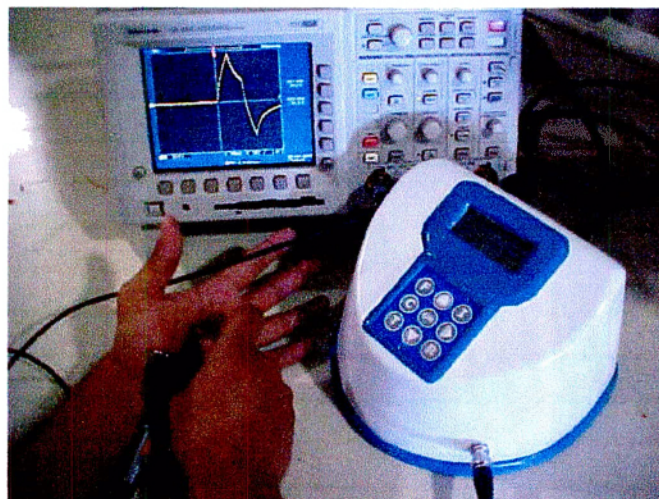


Ilustración 4.1 Pruebas de electroestimulación sobre la epidermis

## 5. Proceso de validación

Para iniciar con el proceso de validación se entregaron las especificaciones técnicas del equipo al Ing. Ángel Hernández y al Dr. Carlos Arroyo, quien elaboró el protocolo para dar inicio en las pruebas en animales.

El protocolo describe los siguientes puntos:

- Tomar de tres a cinco perros para someterlos a las pruebas de electroestimulación, que serán realizadas en el Departamento de Cirugía Experimental con la colaboración de Dr. Patricio Santillan (Jefe del departamento) del Instituto de Nutrición. Sin embargo dichas pruebas dependen de la disponibilidad y requerimientos para obtener animales de prueba. También se plantea el caso de realizar pruebas en otro tipo de especie de animales, es decir, ratas o cerdos.
- Como primera prueba, se propone estimular un animal vía rectal o vaginal durante treinta minutos, para posteriormente tomar una muestra de tejido profundo, la cual será enviada al Departamento de Patología, con la Dra. Norma Uribe, médico adscrito de dicho departamento, para corroborar que no haya daño físico en el tejido muscular.
- La segunda, consiste en la comprobación de la contracción muscular, mediante electromiografías. En esta prueba se cuenta con el apoyo del Dr. Bruno Estañol, médico adscrito del en el Departamento de Neurofisiología.
- Como última prueba se injerta un electrodo en el músculo del animal para estimular diariamente 30 minutos, en un periodo de 3 semanas, y se mide la hipertrofia muscular, registrando los cambios en el peso del músculo y en el aumento de fibras musculares y vigilando los cambios en la mucosa vaginal.



Como primeros resultados obtenidos en las pruebas en animales se tiene que no causó ningún daño a nivel superficial al realizar la estimulación en dos especies distintas (canino y roedor), visiblemente existe contracción muscular y se observó que los parámetros establecidos no variaron con las distintas impedancias.



**Ilustración 5.1** Pruebas de electroestimulación en una rata.

## 6. Conclusiones

La estimulación eléctrica para el tratamiento de la incontinencia urinaria es poco utilizada, si no es que nula, en nuestro país. A partir de esta problemática se consideró la oportunidad de proponer el presente diseño que cubre los parámetros necesarios para el proceso de investigación y desarrollo en el tratamiento de la incontinencia.

El tratamiento de la incontinencia urinaria a través de la estimulación eléctrica involucra tanto a la medicina como a la electrónica, ya que debido a los conceptos que se manejan es indispensable la colaboración de ambas ciencias para consolidar criterios y definir las características óptimas del estimulador.

Los parámetros seleccionados para el presente proyecto, son basados en artículos especializados y en asesoría de médicos y siempre estando conscientes de la responsabilidad con el paciente.

Durante el proceso de desarrollo electrónico se presentaron ciertas limitaciones, mismos que se tuvieron que resolver conforme se observaban los resultados al momento de realizar las pruebas de funcionamiento.

En síntesis llegamos a las siguientes conclusiones:

1. La importancia de una profunda investigación fue esencial para la correcta definición de las características del diseño propuesto. Basándonos en los resultados, se llegó a una correcta definición de los parámetros a utilizar, los cuales definen las características de nuestro diseño, primordiales para el inicio de cualquier propuesta de proyecto.
2. Los resultados en simulación y pruebas experimentales por etapas del sistema propuesto se culminaron, sin embargo en base a los resultados obtenidos durante el desarrollo del proyecto, en ocasiones fue necesario modificar el diseño

electrónico propuesto originalmente. Este hecho pensado en optimizar recursos y el funcionamiento del sistema

3. El desarrollo del estimulador eléctrico supone, una opción más en el tratamiento de la incontinencia urinaria en México. La versatilidad del equipo abre el campo a investigación en la modificación de los parámetros de estimulación.
4. Se ha obtenido un dispositivo mucho más preciso y flexible de los existentes hasta hoy en día.

Este proyecto nos ha permitido percibir la relación de la ingeniería con la humanidad y la responsabilidad que se presenta al diseñar equipos médicos. También consideramos que el proyecto evalúa las habilidades y conocimientos adquiridos a través de la carrera.

## 7. Perspectivas

Se desea continuar con el proceso de validación el cual incluye:

- Concluir las pruebas en animales.
- Ingresar a una evaluación por el comité de ética del Instituto Nacional de Nutrición para pruebas posteriores en personas que sufran de incontinencia.

Sin embargo, se han considerado posibles mejoras al equipo antes de continuar el proceso de validación. Entre dichas mejoras están:

- Alimentación del equipo a partir baterías.
- Reducción del tamaño y portabilidad.
- Seguridad en el diseño electrónico.
- Memoria para guardar parámetros de sesiones pre-establecidas.

También se desea extender la aplicación del equipo para el tratamiento de otros padecimientos basados en electroestimulación muscular. Para ello es necesario:

- Cambiar la forma de la señal.
- Cambiar el número de pulsos por periodo.
- Aumentar el rango de frecuencias.
- Agregar más canales.

# ANEXO 1. Código de programación del microcontrolador

```

EN EQU P3.7
RS EQU P3.6
RW EQU P3.5
DATOS EQU P1
ORG 0
JMP PRINCIPAL
ORG 03H
ORG 0BH
JMP TIEMPO
ORG 13H
ORG 1BH
JMP PULSOS_INICIALES

PRINCIPAL:
MOV SP,#70
MOV TMOD,#00010001B
MOV IE,#10001010B
MOV TH0,#03CH
MOV TL0,#0B0H
MOV TH1,#0FH
MOV TL1,#0
MOV P2,#122
MOV 15H,#1
MOV 38H,#1
MOV 45H,#30H
MOV 46H,#31H
MOV 37H,#10
MOV R7,#0
MOV R3,#0
MOV R2,#30H
MOV R3,#00110000B
MOV R4,#00110001B
MOV 58H,#00110000B
MOV 56H,#00110000B
MOV 23H,#0
MOV 24H,#0
MOV 62H,#95
MOV 63H,#192
MOV 66H,#00110010B
MOV 61H,#122

MOV 60H,#122
MOV 23H,#0
MOV 24H,#0
MOV 28H,#0
MOV 29H,#0
MOV 30H,#0
MOV 31H,#0
MOV 22H,#0
MOV 32H,#0
MOV 34H,#00110000B
MOV 36H,#00110000B
MOV 25H,#0
MOV 18H,#30H

CALL INICIALIZAR
CALL LIMPIA
CALL LIMPIA
CALL LIMPIA
SETB TR1
MOV 35H,#080H
CALL MOVER_CURSOR
CALL PRESENTACION

SALTA_TECLADO:
CALL TECLADO
MOV A,R7
CJNE A,#0FFH, ESCRITURA
JMP SALTA_TECLADO

ESCRITURA:
ORL A,#00110000B
CJNE A,#35H, SALTA_TECLADO

ESCRIBIR_PARAM:
CALL LIMPIA
CALL LIMPIA
CALL LIMPIA
CALL PARAMETROS

DENUEDO_PARAMETROS:
CALL TECLADO
MOV A, R7
CJNE A, #0FFH,ELECCION_PARAM
JMP DENUEDO_PARAMETROS

ELECCION_PARAM:
ORL A, #00110000B
MOV R7,A
CALL LIMPIA
CALL LIMPIA
CALL LIMPIA
MOV A,R7

SALTA_TIEMPO:
CJNE A, #38H, SALTA_INTENSIDAD
CALL PRINT_TIEMPO
CALL PARAM_TIEMPO
JMP ESCRIBIR_PARAM

SALTA_INTENSIDAD:
CJNE A,#33H,SALTA_CICLO
CALL PRINT_INTENSIDAD
CALL PARAM_INTENSIDAD
JMP ESCRIBIR_PARAM

SALTA_CICLO:
CJNE A,#34H, SALTA_FREQ
CALL PRINT_CICLO
CALL PARAM_CICLO
JMP ESCRIBIR_PARAM

SALTA_FREQ:
CJNE A,#30H,SALTA_LISTO
CALL PRINT_FRECUENCIA
CALL PARAM_FRECUENCIA
JMP ESCRIBIR_PARAM

SALTA_LISTO:
CJNE A,#37H, ESCRIBIR_PARAM
MOV A, 31H

```

```

CJNE A,#0, TIEMPO_ESTAB
CALL LIMPIA
CALL LIMPIA
CALL LIMPIA
MOV R0,#4
CALL ADVERTENCIA
JMP ESCRIBIR_PARAM

TIEMPO_ESTAB:
CALL CONVER
CALL CONVER_CICLO
MOV R0,#4
CALL REINICIAR_PARAM
CLR TR1
SETB TR0
CALL PULSOS

CONVER_CICLO:
MOV A,66H
CJNE A,#32H,MICRO_300
MOV A,62H
ADD A,#0
MOV 62H,A
RET

MICRO_300:
CJNE A,#33H,MICRO_400
MOV A,62H
ADD A,#50
MOV 62H,A
RET

MICRO_400:
CJNE A,#34H,MICRO_500
MOV A,62H
ADD A,#100
MOV 62H,A
RET

MICRO_500:
MOV A,62H
ADD A,#150
MOV 62H,A
RET

PULSOS:
CALL FRECUENCIA_50
CALL CONTROL_AMPLITUD
JMP CHECAR_TIEMPO
JMP PULSOS

CHECAR_TIEMPO:
PUSH ACC
MOV A,22H
CJNE A,31H,PULSOS_POP
MOV P2,#122
CALL LIMPIA
CALL POR_FIN_SE_ACABA
CLR TR0
JMP $

PULSOS_POP:
POP ACC
JMP PULSOS

FRECUENCIA_50:
MOV P2,60H
MOV 20H,#1
CICLO_2:MOV 21H,62H
CICLO_1:DJNZ 21H,CICLO_1
          DJNZ 20H,CICLO_2
          MOV P2,#122
          MOV 20H,#1
CICLO_2B:MOV 21H,62H
CICLO_1B:DJNZ 21H,CICLO_1B

          DJNZ 20H,CICLO_2B
          MOV P2,61H
          MOV 20H,#1
          CICLO_2C:MOV 21H,62H
          CICLO_1C:DJNZ 21H,CICLO_1C
                    DJNZ 20H,CICLO_2C
                    MOV P2,#122
                    MOV 20H,25H
          CICLOB_2D:MOV 21H,63H
          CICLOB_1D:DJNZ 21H,CICLOB_1D
                    DJNZ 20H,CICLOB_2D
          RET
          RET

CONTROL_AMPLITUD:
CALL TECLADO
OV A,R7
CJNE A,#0FFH, AMPLITUD_MAS
JMP SALIDA_EXTERNA

AMPLITUD_MAS:
CJNE A,#1,AMPLITUD_MENOS
MOV 10H,#09CH
MOV 11H,#09DH
MOV 12H,#09BH
CALL OPERACION_INTENSIDAD
RET

SALIDA_EXTERNA_BIS:
MOV 35H,#09BH
CALL MOVER_CURSOR
MOV A,60H
CALL ESCRIBIR
JMP SALIDA_EXTERNA

AMPLITUD_MENOS:
CJNE A,#9,PAUSA
MOV 10H,#09CH
MOV 11H,#09DH
MOV 12H,#09BH
CALL OPERACION2_INTENSIDAD
RET

SALIDA_EXTERNA_BIS_2:
MOV 35H,#09BH
CALL MOVER_CURSOR
MOV A,60H
CALL ESCRIBIR
JMP SALIDA_EXTERNA

LADO_IZQUIERDO:
CJNE A,#4,LADO_DERECHO
MOV A,62H
ADD A,#50
CJNE A,#295,SUMARLE_x
MOV 62H,#245
MOV 63H,#60
RET

SUMARLE_x:
MOV 62H,A
MOV 35H,#0CBH
CALL MOVER_CURSOR
INC 66H
MOV A,66H
CALL ESCRIBIR
RET

LADO_DERECHO:
CJNE A,#7,PAUSA
MOV A,62H
SUBB A,#50
CJNE A,#45,RESTARLE_x
MOV 63H,#63

          MOV 62H,#95
          RET

RESTARLE_x:
MOV 62H,A
MOV 35H,#0CBH
CALL MOVER_CURSOR
DEC 66H
MOV A,66H
CALL ESCRIBIR
RET

PAUSA:
CJNE A,#7,SALIDA_EXTERNA
CLR TR0
MOV P2,#122

YA QUIERO ACABAR:
CALL TECLADO
MOV A,R7
CJNE A,#0FFH, AKIRE
JMP YA QUIERO ACABAR

AKIRE:
CJNE A,#7,YA QUIERO ACABAR
SETB TR0
RET

SALIDA_EXTERNA:
RET

PARAM_FRECUENCIA:
CALL FLECHAS
RET

FLECHAS:
CALL TECLADO
MOV A,R7
CJNE A,#0FFH,CONTINU_FLE
JMP FLECHAS

CONTINU_FLE:
ORL A,#00110000B
CJNE A,#31H,CONT_FLECHAS
CALL MAYOR_FRECUENCIA
JMP FLECHAS

CONT_FLECHAS:
CJNE A,#39H,CONT_FLECHAS2
CALL MENOR_FRECUENCIA
JMP FLECHAS

CONT_FLECHAS2:
CJNE A,#35H,FLECHAS
RET

MAYOR_FRECUENCIA:
CJNE R4,#35H,CONTINU_FREQ_X
JMP EQUIS

CONTINU_FREQ_X:
INC R3
INC 37H
MOV A,R3
CJNE A,#3AH,CONTINU_FREQ
INC R4
CJNE R4,#35H,CONTINU_FREQ_2

EQUIS:
MOV R4,#35H
MOV R3,#30H
MOV 45H,#30H
MOV 46H,#35H
MOV 37H,#50
MOV 35H,#0DCH

```

```

CALL MOVER_CURSOR
MOV A,#35H
CALL ESCRIBIR
MOV A,#30H
CALL ESCRIBIR
RET

CONTINU_FREQ_2:
MOV R3,#30H
MOV 46H,R4
MOV 45H,R3
MOV 35H,#0DCH
CALL MOVER_CURSOR
MOV A,R4
CALL ESCRIBIR
MOV A,R3
CALL ESCRIBIR
RET

CONTINU_FREQ:
MOV 35H,#0DDH
CALL MOVER_CURSOR
MOV 45H,R3
MOV A,R3
CALL ESCRIBIR
RET

MENOR_FRECUENCIA:
DEC R3
DEC 37H
CJNE,R3,#2FH,CONTINU2_FREQ
DEC R4
MOV R3,#39H
CJNE R4,#30H,PROSIGUE
MOV R4,#31H
MOV R3,#30H
MOV 45H,#30H
MOV 46H,#31H
MOV 37H,#10
MOV 35H,#0DCH
CALL MOVER_CURSOR
MOV A,R4
CALL ESCRIBIR
MOV A,R3
CALL ESCRIBIR
RET

PROSIGUE:
MOV 46H,R4
MOV 45H,R3
MOV 35H,#0DCH
CALL MOVER_CURSOR
MOV A,R4
CALL ESCRIBIR
MOV A,R3
CALL ESCRIBIR
RET

CONTINU2_FREQ:
MOV 45H,R3
MOV 35H,#0DDH
CALL MOVER_CURSOR
MOV A,R3
CALL ESCRIBIR
RET

PARAM_TIEMPO:
CALL FLECHAS_TIEMPO
RET

FLECHAS_TIEMPO:
CALL TECLADO
MOV A,R7
CJNE A,#0FFH,CONTINU_TIEMPO
JMP FLECHAS_TIEMPO

CONTINU_TIEMPO:
ORL A,#00110000B
CJNE A,#31H,CONT_TIEMPO
CALL OPERACION_TIEMPO
JMP FLECHAS_TIEMPO

CONT_TIEMPO:
CJNE A,#39H,CONT_TIEMPO2
CALL OPERACION2_TIEMPO
JMP FLECHAS_TIEMPO

CONT_TIEMPO2:
CJNE A,#35H,FLECHAS_TIEMPO
RET

OPERACION_TIEMPO:
INC 58H
INC 31H
MOV A,58H
CJNE A,#3AH,CONTINUA_TIEMPO
INC 56H
MOV A,56H
CJNE A,#3AH,CONTINUE_TIEMPO
MOV 58H,#39H
MOV 56H,#39H
MOV 35H,#0DAH
CALL MOVER_CURSOR
MOV A,#39H
CALL ESCRIBIR
MOV A,#39H
CALL ESCRIBIR
RET

CONTINUE_TIEMPO:
MOV 58H,#00110000B
MOV 35H,#0DAH
CALL MOVER_CURSOR
MOV A,56H
CALL ESCRIBIR
MOV A,58H
CALL ESCRIBIR
RET

CONTINUA_TIEMPO:
MOV 35H,#0DBH
CALL MOVER_CURSOR
MOV A,58H
CALL ESCRIBIR
RET

OPERACION2_TIEMPO:
DEC 58H
MOV A,58H
CJNE A,#2FH,CONTINUA2
DEC 56H
MOV A,56H
CJNE A,#2FH,CONTINUE2
MOV 58H,#30H
MOV 56H,#30H
MOV 35H,#0DAH
CALL MOVER_CURSOR
MOV A,56H
CALL ESCRIBIR
MOV A,58H
CALL ESCRIBIR
RET

CONTINUE2:
DEC 31H
MOV 58H,#39H
MOV 35H,#0DAH
CALL MOVER_CURSOR
MOV A,56H
CALL ESCRIBIR

MOV A,58H
CALL ESCRIBIR
RET

MOV A,58H
CALL ESCRIBIR
RET

CONTINUA2:
DEC 31H
MOV 35H,#0DBH
CALL MOVER_CURSOR
MOV A,58H
CALL ESCRIBIR
RET

PARAM_INTENSIDAD:
CALL FLECHAS_INTENSIDAD
RET

FLECHAS_INTENSIDAD:
CALL TECLADO
MOV A,R7
CJNE A,#0FFH,
CONTINUACION_INTENSIDAD
JMP FLECHAS_INTENSIDAD

CONTINUACION_INTENSIDAD:
ORL A,#00110000B
CJNE A,#31H,CONT_INTENSIDAD
MOV 10H,#0DBH
MOV 11H,#0DCH
MOV 12H,#0DAH
CALL OPERACION_INTENSIDAD
JMP FLECHAS_INTENSIDAD

CONT_INTENSIDAD:
CJNE A,#39H,CONT_INTENSIDAD2
MOV 10H,#0DBH
MOV 11H,#0DCH
MOV 12H,#0DAH
CALL OPERACION2_INTENSIDAD
JMP FLECHAS_INTENSIDAD

CONT_INTENSIDAD2:
CJNE
A,#35H,FLECHAS_INTENSIDAD
RET

OPERACION_INTENSIDAD:
MOV A,32H
CJNE A,#8,PRIMERO_RESUELTO
MOV 32H,#0
MOV A,32H

PRIMERO_RESUELTO:
CJNE A,#0,RESULTADO_EQUIS
INC 60H
DEC 61H
MOV 32H,#1
MOV A,34H
ADD A,#2
MOV 34H,A
JMP SALTAR IMPAR

RESULTADO_EQUIS:
CJNE A,#2,RESULTADO IMPAR
RET

RESULTADO IMPAR:
INC 60H
DEC 61H
MOV 32H,#0
MOV A,34H
ADD A,#3
MOV 34H,A

SALTAR IMPAR:
CJNE A,#3AH,INT_SUMAR

```

```

INC 36H
MOV 34H,#30H
MOV A,36H
CJNE A,#3AH,CONT_VIRTUAL
MOV 36H,#30H
MOV 35H,12H
CALL MOVER_CURSOR
MOV 18H,#31H
MOV A,18H
CALL ESCRIBIR
MOV A,#0'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#0'
CALL ESCRIBIR
MOV 32H,#2
RET

CONT_VIRTUAL:
MOV 35H,10H
CALL MOVER_CURSOR
MOV A,36H
CALL ESCRIBIR
MOV A,34H
CALL ESCRIBIR
RET

INT_SUMAR:
MOV 35H,11H
CALL MOVER_CURSOR
MOV A,34H
CALL ESCRIBIR
RET

OPERACION2_INTENSIDAD:
MOV 18H,#30H
MOV A,32H
CJNE A,#1,RESULTADO_IMPAR_2
INC 61H
DEC 60H
MOV 32H,#0
MOV A,34H
CLR C
SUBB A,#2
MOV 34H,A
JMP SALTAR_IMPAR_2

RESULTADO_IMPAR_2:
CJNE
A,#2,RESULTADO_VIRTUAL_2
MOV 32H,#1
MOV 36H,#39H
MOV 34H,#37H
MOV 35H,12H
CALL MOVER_CURSOR
MOV A,#0'
CALL ESCRIBIR
MOV A,36H
CALL ESCRIBIR
MOV A,34H
CALL ESCRIBIR
RET

RESULTADO_VIRTUAL_2:
CJNE A,#3,RES_VIRTUAL_2
MOV 32H,#8
RET

RES_VIRTUAL_2:
CJNE A,#0,SOLO_DETALLES
INC 61H
DEC 60H
MOV 32H,#1
MOV A,34H
CLR C
SUBB A,#3

MOV 34H,A

SALTAR_IMPAR_2:
CJNE A,#2DH,CONT_D_FAVOR
DEC 36H
MOV 34H,#37H
MOV A,36H
CJNE A,#2FH,YA_TERMINA
MOV 32H,#3
MOV 36H,#30H
MOV 34H,#30H
MOV 35H,10H
CALL MOVER_CURSOR
MOV A,36H
CALL ESCRIBIR
MOV A,34H
CALL ESCRIBIR
RET

SOLO_DETALLES:
RET

YA_TERMINA:
MOV 35H,10H
CALL MOVER_CURSOR
MOV A,36H
CALL ESCRIBIR
MOV A,34H
CALL ESCRIBIR
RET

CONT_D_FAVOR:
MOV 35H,11H
CALL MOVER_CURSOR
MOV A,34H
CALL ESCRIBIR
RET

PARAM_CICLO:
CALL FLECHAS_CICLO
RET

FLECHAS_CICLO:
CALL TECLADO
MOV A,R7
CJNE
A,#0FFH,CONTINUACION_CICLO
JMP FLECHAS_CICLO

CONTINUACION_CICLO:
ORL A,#00110000B
CJNE A,#31H,CONT_CICLO
CALL OPERACION_CICLO
JMP FLECHAS_CICLO

CONT_CICLO:
CJNE A,#39H,CONT_CICLO2
CALL OPERACION2_CICLO
JMP FLECHAS_CICLO

CONT_CICLO2:
CJNE A,#35H,FLECHAS_CICLO
RET

OPERACION_CICLO:
INC 66H
MOV A,66H
CJNE A,#36H,CONTINU_DE_CICLO
MOV 66H,#35H
MOV 35H,#0DAH
CALL MOVER_CURSOR
MOV A,66H
CALL ESCRIBIR
RET

CONTINU_DE_CICLO:
MOV 35H,#0DAH
CALL MOVER_CURSOR
MOV A,66H
CALL ESCRIBIR
RET

OPERACION2_CICLO:
DEC 66H
MOV A,66H
CJNE
A,#31H,CONTINU_DE_CICLO2
MOV 66H,#32H
MOV 35H,#0DAH
CALL MOVER_CURSOR
MOV A,66H
CALL ESCRIBIR
RET

CONTINU_DE_CICLO2:
MOV 35H,#0DAH
CALL MOVER_CURSOR
MOV A,66H
CALL ESCRIBIR
RET

POR_FIN_SE_ACABA:
MOV 35H,#0C4H
CALL MOVER_CURSOR
MOV A,#S'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#E'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#S'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#I'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#O'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#N'
CALL ESCRIBIR
MOV 35H,#093H
CALL MOVER_CURSOR
MOV A,#T'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#E'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#R'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#M'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#I'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#N'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#A'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#D'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#A'
CALL ESCRIBIR
RET

ADVERTENCIA:
MOV 35H,#090H
CALL MOVER_CURSOR
MOV A,#'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#E'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#S'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#T'

```



```

CALL ESCRIBIR
MOV A,#A'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#B'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#L'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#E'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#C'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#I'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#D'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#O'
CALL ESCRIBIR
MOV 35H,#0C3H
CALL MOVER_CURSOR
MOV A,#T'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#I'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#E'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#M'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#P'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#O'
CALL ESCRIBIR
MOV A,# '
CALL ESCRIBIR
MOV A,#N'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#O'
CALL ESCRIBIR
CALL RETARDOMEDIOSEGUNDO
CALL RETARDOMEDIOSEGUNDO
CALL RETARDOMEDIOSEGUNDO
CALL RETARDOMEDIOSEGUNDO
RET

PRINT_TIEMPO:
MOV 35H,#080H
CALL MOVER_CURSOR
MOV A,#E'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#L'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#E'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#C'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#C'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#I'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#O'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#N'
CALL ESCRIBIR
MOV A,# '
CALL ESCRIBIR
MOV A,#D'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#E'
CALL ESCRIBIR
MOV 35H,#0C0H
CALL MOVER_CURSOR
MOV A,#T'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#I'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#E'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#M'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#P'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#O'
CALL ESCRIBIR
MOV A,# '
CALL ESCRIBIR
MOV A,#D'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#E'
CALL ESCRIBIR
MOV A,# '
CALL ESCRIBIR
MOV A,#S'

CALL ESCRIBIR
MOV A,#E'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#S'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#I'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#O'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#N'
CALL ESCRIBIR
MOV 35H,#090H
CALL MOVER_CURSOR
MOV A,#( '
CALL ESCRIBIR
MOV A,# '
CALL ESCRIBIR
MOV A,#0'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#.'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#3'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#0'
CALL ESCRIBIR
MOV A,# '
CALL ESCRIBIR
MOV A,#m'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#i'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#n'
CALL ESCRIBIR
MOV A,# '
CALL ESCRIBIR
MOV A,#) '
CALL ESCRIBIR
MOV 35H,#0DAH
CALL MOVER_CURSOR
MOV A,56H
CALL ESCRIBIR
MOV A,58H
CALL ESCRIBIR
MOV A,# '
CALL ESCRIBIR
MOV A,#m'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#i'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#n'
CALL ESCRIBIR
RET

PRINT_INTENSIDAD:
MOV 35H,#080H
CALL MOVER_CURSOR
MOV A,#E'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#L'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#E'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#C'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#C'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#I'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#O'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#N'
CALL ESCRIBIR
MOV A,# '
CALL ESCRIBIR
MOV A,#D'

```

CALL ESCRIBIR MOV A,#E' CALL ESCRIBIR MOV 35H,#0C0H CALL MOVER_CURSOR MOV A,#I' CALL ESCRIBIR MOV A,#N' CALL ESCRIBIR MOV A,#T' CALL ESCRIBIR MOV A,#E' CALL ESCRIBIR MOV A,#N' CALL ESCRIBIR MOV A,#S' CALL ESCRIBIR MOV A,#I' CALL ESCRIBIR MOV A,#D' CALL ESCRIBIR MOV A,#A' ALL ESCRIBIR MOV A,#D' CALL ESCRIBIR MOV 35H,#090H CALL MOVER_CURSOR MOV A,#('' CALL ESCRIBIR MOV A,#' CALL ESCRIBIR MOV A,#0' CALL ESCRIBIR MOV A,#.' CALL ESCRIBIR MOV A,#1' CALL ESCRIBIR MOV A,#0' CALL ESCRIBIR MOV A,#m' CALL ESCRIBIR MOV A,#A' CALL ESCRIBIR MOV A,#' CALL ESCRIBIR MOV A,#)' CALL ESCRIBIR MOV 35H,#0DAH CALL MOVER_CURSOR MOV A,18H CALL ESCRIBIR MOV A,36H CALL ESCRIBIR MOV A,34H CALL ESCRIBIR MOV A,#' CALL ESCRIBIR MOV A,#m' CALL ESCRIBIR MOV A,#A' CALL ESCRIBIR RET	CALL ESCRIBIR MOV A,#C' CALL ESCRIBIR MOV A,#I' CALL ESCRIBIR MOV A,#O' CALL ESCRIBIR MOV A,#N' CALL ESCRIBIR MOV A,#' CALL ESCRIBIR MOV A,#D' CALL ESCRIBIR MOV A,#E' CALL ESCRIBIR MOV 35H,#0C0H CALL MOVER_CURSOR MOV A,#F' CALL ESCRIBIR MOV A,#R' CALL ESCRIBIR MOV A,#E' CALL ESCRIBIR MOV A,#C' CALL ESCRIBIR MOV A,#U' CALL ESCRIBIR MOV A,#E' CALL ESCRIBIR MOV A,#N' CALL ESCRIBIR MOV A,#C' CALL ESCRIBIR MOV A,#I' CALL ESCRIBIR MOV A,#A' CALL ESCRIBIR MOV 35H,#090H CALL MOVER_CURSOR MOV A,#('' CALL ESCRIBIR MOV A,#' CALL ESCRIBIR MOV A,#1' CALL ESCRIBIR MOV A,#0' CALL ESCRIBIR MOV A,#.' CALL ESCRIBIR MOV A,#5' CALL ESCRIBIR MOV A,#0' CALL ESCRIBIR MOV A,#H' CALL ESCRIBIR MOV A,#z' CALL ESCRIBIR MOV A,#' CALL ESCRIBIR MOV A,#)' CALL ESCRIBIR MOV 35H,#0DCH CALL MOVER_CURSOR MOV A,46H CALL ESCRIBIR MOV A,45H CALL ESCRIBIR MOV A,#H' CALL ESCRIBIR MOV A,#z' CALL ESCRIBIR RET	CALL MOVER_CURSOR MOV A,#E' CALL ESCRIBIR MOV A,#L' CALL ESCRIBIR MOV A,#E' CALL ESCRIBIR MOV A,#C' CALL ESCRIBIR MOV A,#C' CALL ESCRIBIR MOV A,#I' CALL ESCRIBIR MOV A,#O' CALL ESCRIBIR MOV A,#N' CALL ESCRIBIR MOV A,#' CALL ESCRIBIR MOV A,#D' CALL ESCRIBIR MOV A,#E' CALL ESCRIBIR MOV 35H,#0C0H CALL MOVER_CURSOR MOV A,#C' CALL ESCRIBIR MOV A,#I' CALL ESCRIBIR MOV A,#C' CALL ESCRIBIR MOV A,#L' CALL ESCRIBIR MOV A,#O' CALL ESCRIBIR MOV A,#' CALL ESCRIBIR MOV A,#D' CALL ESCRIBIR MOV A,#E' CALL ESCRIBIR MOV 35H,#0C0H CALL MOVER_CURSOR MOV A,#C' CALL ESCRIBIR MOV A,#I' CALL ESCRIBIR MOV A,#C' CALL ESCRIBIR MOV A,#L' CALL ESCRIBIR MOV A,#O' CALL ESCRIBIR MOV A,#' ALL ESCRIBIR MOV A,#D' CALL ESCRIBIR MOV A,#E' CALL ESCRIBIR MOV A,#' CALL ESCRIBIR MOV A,#T' CALL ESCRIBIR MOV A,#R' CALL ESCRIBIR MOV A,#A' CALL ESCRIBIR MOV A,#B' CALL ESCRIBIR MOV A,#A' CALL ESCRIBIR MOV A,#J' CALL ESCRIBIR MOV A,#O' CALL ESCRIBIR MOV 35H,#090H CALL MOVER_CURSOR MOV A,#('' CALL ESCRIBIR MOV A,#' CALL ESCRIBIR MOV A,#2' CALL ESCRIBIR MOV A,#0' CALL ESCRIBIR MOV A,#0' CALL ESCRIBIR MOV A,#' CALL ESCRIBIR MOV A,#5' CALL ESCRIBIR MOV A,#0'
PRINT_FRECUENCIA: MOV 35H,#080H CALL MOVER_CURSOR MOV A,#E' CALL ESCRIBIR MOV A,#L' CALL ESCRIBIR MOV A,#E' CALL ESCRIBIR MOV A,#C'	PRINT_CICLO: MOV 35H,#080H	

```

CALL ESCRIBIR
MOV A,#0'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#11111001B
CALL ESCRIBIR
MOV A,#s'
CALL ESCRIBIR
MOV A,# '
CALL ESCRIBIR
MOV A,#)'
CALL ESCRIBIR
MOV 35H,#0DAH
CALL MOVER_CURSOR
MOV A,66H
CALL ESCRIBIR
MOV A,#0'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#0'
CALL ESCRIBIR
MOV A,# '
CALL ESCRIBIR
MOV A,#11111001B
CALL ESCRIBIR
MOV A,#s'
CALL ESCRIBIR
RET

PRESENTACION:
MOV 35H,#0C0H
CALL MOVER_CURSOR
MOV A,# '
CALL ESCRIBIR
CLR RS
CALL INICIALIZAR
MOV DATOS, #09FH
SETB EN
CLR EN
LCALL ESPERA_LCD
MOV 35H,#0C0H
CALL MOVER_CURSOR
MOV A,# '
CALL ESCRIBIR
MOV A,# '
CALL ESCRIBIR
MOV A,#E'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#S'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#T'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#I'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#M'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#U'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#L'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#A'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#D'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#O'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#R'
CALL ESCRIBIR
MOV 35H,#093H
CALL MOVER_CURSOR
MOV A,#E'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#L'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#E'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#C'

CALL ESCRIBIR
MOV A,#T'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#R'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#I'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#C'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#O'
CALL ESCRIBIR
MOV A,# '
CALL ESCRIBIR
MOV A,#O'
CALL ESCRIBIR
MOV A,# '
CALL ESCRIBIR
MOV A,# '
CALL ESCRIBIR
MOV A,#F'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#R'
CALL ESCRIBIR
MOV A,# '
CALL ESCRIBIR
MOV A,# '
CALL ESCRIBIR
MOV A,#U'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#E'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#N'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#C'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#I'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#A'
CALL ESCRIBIR
MOV A,# '
CALL ESCRIBIR
MOV A,18H
CALL ESCRIBIR
MOV A,36H
CALL ESCRIBIR
MOV A,34H
CALL ESCRIBIR
MOV A,#m'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#A'
CALL ESCRIBIR
MOV 35H,#0D0H
CALL MOVER_CURSOR
MOV A,#T'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#I'
CALL ESCRIBIR
MOV A,# '
CALL ESCRIBIR
MOV A,#E'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#M'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#P'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#O'
CALL ESCRIBIR
MOV 35H,#0DBH
CALL MOVER_CURSOR
MOV A,56H
CALL ESCRIBIR
MOV A,58H
CALL ESCRIBIR
MOV A,#m'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#I'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#n'
CALL ESCRIBIR
RET

PARAMETROS:
MOV 35H,#080H
CALL MOVER_CURSOR
MOV A,#F'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#R'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#E'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#C'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#U'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#E'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#N'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#C'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#I'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#A'
CALL ESCRIBIR
MOV A,# '
CALL ESCRIBIR
MOV A,# '
CALL ESCRIBIR
MOV A,# '
CALL ESCRIBIR
MOV A,46H
CALL ESCRIBIR
MOV A,45H
CALL ESCRIBIR
MOV A,#H'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#z'
CALL ESCRIBIR
MOV 35H,#0C0H
CALL MOVER_CURSOR
MOV A,#C'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#I'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#C'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#L'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#O'
CALL ESCRIBIR
MOV 35H,#0CBH
CALL MOVER_CURSOR
MOV A,66H
CALL ESCRIBIR
MOV A,#O'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#O'

PRESENTACION_PULSOS:
MOV 35H,#0C3H
CALL MOVER_CURSOR
MOV A,#F'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#R'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#E'

```

```

CALL ESCRIBIR
MOV A,#C'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#U'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#E'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#N'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#C'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#I'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#A'
CALL ESCRIBIR

EFECTO_FREQ:
MOV 35H,#096H
CALL MOVER_CURSOR
MOV A,46H
CALL ESCRIBIR
MOV A,45H
CALL ESCRIBIR
MOV A,#H'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#z'
CALL ESCRIBIR
CALL RETARDOMEDIOSEGUNDO
MOV 35H,#096H
CALL MOVER_CURSOR
MOV A,# '
CALL ESCRIBIR
MOV A,# '
CALL ESCRIBIR
MOV A,# '
CALL ESCRIBIR
MOV A,# '
CALL ESCRIBIR
CALL RETARDOMEDIOSEGUNDO
DJNZ R0,EFECTO_FREQ
MOV R0,#4
MOV 35H,#0C3H
CALL MOVER_CURSOR
MOV A,# '
CALL ESCRIBIR
MOV A,#D'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#U'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#R'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#A'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#C'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#I'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#O'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#N'
CALL ESCRIBIR
MOV A,# '
CALL ESCRIBIR

EFECTO_FREQ_2:
MOV 35H,#096H
CALL MOVER_CURSOR
MOV A,56H
CALL ESCRIBIR
MOV A,58H
CALL ESCRIBIR
MOV A,#m'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#i'
CALL ESCRIBIR

MOV A,#n'
CALL ESCRIBIR
CALL RETARDOMEDIOSEGUNDO
MOV 35H,#096H
CALL MOVER_CURSOR
MOV A,# '
CALL ESCRIBIR
MOV A,# '
CALL ESCRIBIR
MOV A,# '
CALL ESCRIBIR
MOV A,# '
CALL ESCRIBIR
MOV A,# '
CALL ESCRIBIR
MOV A,# '
CALL ESCRIBIR
CALL RETARDOMEDIOSEGUNDO
DJNZ R0,EFECTO_FREQ_2
CALL LIMPIA
RETI

REINICIAR_PARAM:
CALL LIMPIA
CALL LIMPIA
CALL LIMPIA
MOV 35H,#080H
CALL MOVER_CURSOR
MOV A,#A'
CALL ESCRIBIR
CALL RETARDITO
MOV 35H,#080H
CALL MOVER_CURSOR
MOV A,#I'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#A'
CALL ESCRIBIR
CALL RETARDITO
MOV 35H,#080H
CALL MOVER_CURSOR
MOV A,#C'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#I'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#A'
CALL ESCRIBIR
CALL RETARDITO
MOV 35H,#080H
CALL MOVER_CURSOR
MOV A,#N'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#C'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#I'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#A'
CALL ESCRIBIR
CALL RETARDITO
MOV 35H,#080H
CALL MOVER_CURSOR
MOV A,#E'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#N'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#C'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#I'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#A'
CALL ESCRIBIR
CALL RETARDITO
MOV 35H,#080H
CALL MOVER_CURSOR
MOV A,#R'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#E'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#C'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#U'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#E'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#N'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#C'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#I'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#A'
CALL ESCRIBIR
CALL RETARDITO
MOV 35H,#080H
CALL MOVER_CURSOR
MOV A,#F'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#R'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#E'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#C'
CALL ESCRIBIR

```

CALL ESCRIBIR	MOV A,#A'	CALL ESCRIBIR
MOV A,#U'	CALL ESCRIBIR	MOV A,#A'
CALL ESCRIBIR	MOV A,#D'	CALL ESCRIBIR
MOV A,#E'	CALL ESCRIBIR	MOV A,#D'
CALL ESCRIBIR	CALL RETARDITO	CALL ESCRIBIR
MOV A,#N'	MOV 35H,#090H	CALL RETARDITO
CALL ESCRIBIR	CALL MOVER_CURSOR	MOV 35H,#090H
MOV A,#C'	MOV A,#I'	CALL MOVER_CURSOR
CALL ESCRIBIR	CALL ESCRIBIR	MOV A,#N'
MOV A,#I'	MOV A,#D'	CALL ESCRIBIR
CALL ESCRIBIR	CALL ESCRIBIR	MOV A,#T'
MOV A,#A'	MOV A,#A'	CALL ESCRIBIR
CALL ESCRIBIR	CALL ESCRIBIR	MOV A,#E'
CALL RETARDITO	MOV A,#D'	CALL ESCRIBIR
MOV 35H,#0C0H	CALL ESCRIBIR	MOV A,#N'
CALL MOVER_CURSOR	CALL RETARDITO	CALL ESCRIBIR
MOV A,#O'	MOV 35H,#090H	MOV A,#S'
CALL ESCRIBIR	CALL MOVER_CURSOR	CALL ESCRIBIR
CALL RETARDITO	MOV A,#S'	MOV A,#I'
MOV 35H,#0C0H	CALL ESCRIBIR	CALL ESCRIBIR
CALL MOVER_CURSOR	MOV A,#I'	MOV A,#D'
MOV A,#L'	CALL ESCRIBIR	CALL ESCRIBIR
CALL ESCRIBIR	MOV A,#D'	MOV A,#A'
MOV A,#O'	CALL ESCRIBIR	CALL ESCRIBIR
CALL ESCRIBIR	MOV A,#A'	MOV A,#D'
CALL RETARDITO	CALL ESCRIBIR	CALL ESCRIBIR
MOV 35H,#0C0H	MOV A,#D'	CALL ESCRIBIR
CALL MOVER_CURSOR	CALL ESCRIBIR	CALL RETARDITO
MOV A,#C'	CALL RETARDITO	MOV 35H,#090H
CALL ESCRIBIR	MOV 35H,#090H	CALL MOVER_CURSOR
MOV A,#L'	CALL MOVER_CURSOR	MOV A,#I'
CALL ESCRIBIR	MOV A,#N'	CALL ESCRIBIR
MOV A,#O'	CALL ESCRIBIR	MOV A,#N'
CALL ESCRIBIR	MOV A,#S'	CALL ESCRIBIR
CALL RETARDITO	CALL ESCRIBIR	MOV A,#T'
MOV 35H,#0C0H	MOV A,#I'	CALL ESCRIBIR
CALL MOVER_CURSOR	CALL ESCRIBIR	MOV A,#E'
MOV A,#I'	MOV A,#D'	CALL ESCRIBIR
CALL ESCRIBIR	CALL ESCRIBIR	MOV A,#N'
MOV A,#C'	MOV A,#A'	CALL ESCRIBIR
CALL ESCRIBIR	CALL ESCRIBIR	MOV A,#S'
MOV A,#L'	MOV A,#D'	CALL ESCRIBIR
CALL ESCRIBIR	CALL RETARDITO	MOV A,#I'
MOV A,#O'	CALL RETARDITO	CALL ESCRIBIR
CALL ESCRIBIR	MOV 35H,#090H	MOV A,#D'
CALL RETARDITO	CALL MOVER_CURSOR	CALL ESCRIBIR
MOV 35H,#0C0H	MOV A,#E'	MOV A,#A'
CALL MOVER_CURSOR	CALL ESCRIBIR	MOV A,#D'
MOV A,#C'	MOV A,#N'	CALL ESCRIBIR
CALL ESCRIBIR	CALL ESCRIBIR	MOV 35H,#0D0H
MOV A,#I'	MOV A,#S'	CALL MOVER_CURSOR
CALL ESCRIBIR	CALL ESCRIBIR	MOV A,#O'
MOV A,#C'	MOV A,#I'	CALL ESCRIBIR
CALL ESCRIBIR	CALL ESCRIBIR	CALL RETARDITO
MOV A,#L'	MOV A,#D'	MOV 35H,#0D0H
CALL ESCRIBIR	CALL ESCRIBIR	CALL MOVER_CURSOR
MOV A,#O'	MOV A,#A'	MOV A,#P'
CALL ESCRIBIR	CALL ESCRIBIR	CALL ESCRIBIR
CALL RETARDITO	MOV A,#D'	MOV A,#O'
MOV 35H,#090H	CALL ESCRIBIR	CALL ESCRIBIR
CALL MOVER_CURSOR	CALL RETARDITO	CALL RETARDITO
MOV A,#D'	MOV 35H,#090H	MOV 35H,#0D0H
CALL ESCRIBIR	CALL MOVER_CURSOR	CALL MOVER_CURSOR
CALL RETARDITO	MOV A,#T'	MOV A,#M'
MOV 35H,#090H	CALL ESCRIBIR	CALL ESCRIBIR
CALL MOVER_CURSOR	MOV A,#E'	MOV A,#P'
MOV A,#A'	CALL ESCRIBIR	CALL ESCRIBIR
CALL ESCRIBIR	MOV A,#N'	MOV A,#O'
MOV A,#D'	CALL ESCRIBIR	CALL ESCRIBIR
CALL ESCRIBIR	MOV A,#S'	CALL RETARDITO
CALL RETARDITO	CALL ESCRIBIR	MOV 35H,#0D0H
MOV 35H,#090H	MOV A,#I'	CALL MOVER_CURSOR
CALL MOVER_CURSOR	CALL ESCRIBIR	MOV A,#E'
MOV A,#D'	MOV A,#D'	CALL ESCRIBIR
CALL ESCRIBIR		MOV A,#M'

```

CALL ESCRIBIR
MOV A,#P'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#O'
CALL ESCRIBIR
CALL RETARDITO
MOV 35H,#0D0H
CALL MOVER_CURSOR
MOV A,#I'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#E'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#M'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#P'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#O'
CALL ESCRIBIR
CALL RETARDITO
MOV 35H,#0D0H
CALL MOVER_CURSOR
MOV A,#T'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#I'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#E'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#M'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#P'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#O'
CALL ESCRIBIR
CALL RETARDITO
MOV 35H,#0DCH
CALL MOVER_CURSOR
MOV A,#46H
CALL ESCRIBIR
MOV A,#45H
CALL ESCRIBIR
MOV A,#H'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#Z'
CALL ESCRIBIR
CALL RETARDITO
MOV 35H,#09CH
CALL MOVER_CURSOR
MOV A,#46H
CALL ESCRIBIR
MOV A,#45H
CALL ESCRIBIR
MOV A,#H'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#Z'
CALL ESCRIBIR
CALL RETARDITO
MOV 35H,#0DBH
CALL MOVER_CURSOR
MOV A,#66H
CALL ESCRIBIR
MOV A,#O'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#O'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#0'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#O'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#11111001B
CALL ESCRIBIR
MOV A,#S'
CALL ESCRIBIR
CALL RETARDITO
MOV 35H,#0CCH
CALL MOVER_CURSOR
MOV A,#46H
CALL ESCRIBIR
MOV A,#45H
CALL ESCRIBIR
MOV A,#H'
CALL ESCRIBIR

CALL ESCRIBIR
MOV A,#Z'
CALL ESCRIBIR
MOV 35H,#09BH
CALL MOVER_CURSOR
MOV A,#66H
CALL ESCRIBIR
MOV A,#O'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#O'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#O'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#11111001B
CALL ESCRIBIR
MOV A,#S'
CALL ESCRIBIR
MOV 35H,#0DBH
CALL MOVER_CURSOR
MOV A,#O'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#36H
CALL ESCRIBIR
MOV A,#34H
CALL ESCRIBIR
MOV A,#M'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#A'
CALL ESCRIBIR
CALL RETARDITO
MOV 35H,#08CH
CALL MOVER_CURSORMOV A,#46H
CALL ESCRIBIR
MOV A,#45H
CALL ESCRIBIR
MOV A,#H'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#Z'
CALL ESCRIBIR
MOV 35H,#0CBH
CALL MOVER_CURSOR
MOV A,#66H
CALL ESCRIBIR
MOV A,#O'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#O'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#11111001B
CALL ESCRIBIR
MOV A,#S'
CALL ESCRIBIR
MOV 35H,#09BH
CALL MOVER_CURSOR
MOV A,#O'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#36H
CALL ESCRIBIR
MOV A,#34H
CALL ESCRIBIR
MOV A,#M'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#A'
CALL ESCRIBIR
MOV 35H,#0DBH
CALL MOVER_CURSOR
MOV A,#O'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#O'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#O'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#O'
CALL ESCRIBIR
MOV A,#O'
CALL ESCRIBIR
RET

TECLADO:
MOV R5,#4
MOV R6,#0FEH
MOV R7,#03

OTRA:
MOV P0,R6
MOV A,P0
ORL A,#0FH
CJNE A,#0FFH,VER_TECLA
MOV A,R6
RL A
MOV R6,A
MOV A,R7
ADD A,#4
MOV R7,A
DJNZ R5,OTRA
MOV R7,#0FFH
RET

VER_TECLA:
CALL RETARDO_10MS
MOV A,P0
ORL A,#0FH
CJNE A,#0FFH,SIGUE
MOV R7,#0FFH
RET

SIGUE:
RLC A
JNC SOLTAR
DEC R7
JMP SIGUE

SOLTAR:
MOV A,P0
ORL A,#0FH
CJNE A,#0FFH,SOLTAR
CALL RETARDO_10MS
RET

RETARDITO:
MOV R3,#10

CONTINUA_RETARDITO:
DJNZ R3,TERMINA_RETARDITO
RET

TERMINA_RETARDITO:
CALL RETARDO_10MS
JMP CONTINUA_RETARDITO

RETARDOMEDIOSEGUNDO:
MOV R3,#30

CONTINUA_MEDIOSEGUNDO:
DJNZ R3,TERMINA_MEDIOSEGUND
RET

TERMINA_MEDIOSEGUNDO:
CALL RETARDO_10MS
JMP CONTINUA_MEDIOSEGUNDO

MOVER_CURSOR:
SETB EN
CLR RS
MOV DATOS,35H
CLR EN
LCALL ESPERA_LCD
RET

INICIALIZAR:
SETB EN
CLR RS

```

```

MOV DATOS,#38H
CLR EN
CALL ESPERA_LCD
SETB EN
CLR RS
MOV DATOS,#0CH
CLR EN
CALL ESPERA_LCD
SETB EN
CLR RS
MOV DATOS,#06H
CLR EN
CALL ESPERA_LCD
RET

ESCRIBIR:
SETB EN
SETB RS
MOV DATOS,A
CLR EN
CALL ESPERA_LCD
RET

LIMPIA:
SETB EN
CLR RS
MOV DATOS,#01H
CLR EN
CALL ESPERA_LCD
RET

ESPERA_LCD:
SETB EN
CLR RS
SETB RW
MOV DATOS,#0FFH
MOV A,DATOS
JB ACC.7,ESPERA_LCD
CLR EN
CLR RW
RET

CONVER:
MOV A,37H
CJNE A,#10,ONCE
MOV 63H,#193
MOV 25H,#254
RET

ONCE:
CJNE A,#11,DOCE
MOV 63H,#176
MOV 25H,#254
RET

DOCE:
CJNE A,#12,TRECE
MOV 63H,#160
MOV 25H,#254
RET

TRECE:
CJNE A,#13,CATORCE
MOV 63H,#148
MOV 25H,#254
RET

CATORCE:
CJNE A,#14,QUINCE
MOV 63H,#137
MOV 25H,#254
RET

QUINCE:
CJNE A,#15,DIECISEIS
MOV 63H,#127
MOV 25H,#254
RET

DIECISEIS:
CJNE A,#16,DIECISIETE
MOV 63H,#120
MOV 25H,#254
RET

DIECISIETE:
CJNE A,#17,DIECIOCHO
MOV 63H,#112
MOV 25H,#254
RET

DIECIOCHO:
CJNE A,#18,DIECINUEVE
MOV 63H,#106
MOV 25H,#254
RET

DIECINUEVE:
CJNE A,#19,VEINTE
MOV 63H,#100
MOV 25H,#254
RET

VEINTE:
CJNE A,#20,VEINTIUNO
MOV 63H,#95
MOV 25H,#254
RET

VEINTIUNO:
CJNE A,#21,VEINTIDOS
MOV 63H,#90
MOV 25H,#254
RET

VEINTIDOS:
CJNE A,#22,VEINTITRES
MOV 63H,#93
RET

VEINTITRES:
CJNE A,#23,VEINTICUATRO
MOV 63H,#95
MOV 25H,#229
RET

VEINTICUATRO:
CJNE A,#24,VEINTICINCO
MOV 63H,#97
MOV 25H,#214
RET

VEINTICINCO:
CJNE A,#25,VEINTISEIS
MOV 63H,#99
MOV 25H,#202
RET

VEINTISEIS:
CJNE A,#26,VEINTISIETE
MOV 63H,#101
MOV 25H,#190
RET

VEINTISIETE:
CJNE A,#27,VEINTIOCHO
MOV 63H,#103
MOV 25H,#180
RET

VEINTIOCHO:
CJNE A,#28,VEINTINUEVE
MOV 63H,#105
MOV 25H,#170
RET

VEINTINUEVE:
CJNE A,#29,TREINTA
MOV 63H,#107
MOV 25H,#161
RET

TREINTA:
CJNE A,#30,TREINTAIUNO
MOV 63H,#109
MOV 25H,#153
RET

TREINTAIUNO:
CJNE A,#31,TREINTAIDOS
MOV 63H,#111
MOV 25H,#145
RET

TREINTAIDOS:
CJNE A,#32,TREINTAITRES
MOV 63H,#113
MOV 25H,#138
RET

TREINTAITRES:
CJNE A,#33,TREINTAICUATRO
MOV 63H,#115
MOV 25H,#132
RET

TREINTAICUATRO:
CJNE A,#34,TREINTAICINCO
MOV 63H,#117
MOV 25H,#125
RET

TREINTAICINCO:
CJNE A,#35,TREINTAISEIS
MOV 63H,#119
MOV 25H,#120
RET

TREINTAISEIS:
CJNE A,#36,TREINTAISIEETE
MOV 63H,#121
MOV 25H,#115
RET

TREINTAISIEETE:
CJNE A,#37,TREINTAIOCHO
MOV 63H,#123
MOV 25H,#110
RET

TREINTAIOCHO:
CJNE A,#38,TREINTAINUEVE
MOV 63H,#125
MOV 25H,#105
RET

TREINTAINUEVE:
CJNE A,#39,CUARENTA
MOV 63H,#127
MOV 25H,#101
RET

CUARENTA:
CJNE A,#40,CUARENTAIDOS
MOV 63H,#129
MOV 25H,#97
RET

CUARENTAIUNO:
CJNE A,#41,CUARENTAIDOS
MOV 63H,#131
MOV 25H,#93
RET

CUARENTAIDOS:
CJNE A,#42,CUARENTAITRES
MOV 63H,#133
MOV 25H,#89
RET

CUARENTAITRES:
CJNE A,#43,CUARENTAICUATRO
MOV 63H,#135
MOV 25H,#86
RET

CUARENTAICUATRO:
CJNE A,#44,CUARENTAICINCO
MOV 63H,#137
MOV 25H,#83
RET

CUARENTAICINCO:
CJNE A,#45,CUARENTAISEIS
MOV 63H,#139
MOV 25H,#80
RET

CUARENTAISEIS:
CJNE A,#46,CUARENTAISIEETE
MOV 63H,#141

```

```

MOV 25H,#77
RET
CUARENTAISiete:
CJNE A,#47,CUARENTAIOCHO
MOV 63H,#143
MOV 25H,#74
RET
CUARENTAIOCHO:
CJNE A,#48,CUARENTAINUEVE
MOV 63H,#145
MOV 25H,#72
RET
CUARENTAINUEVE:
CJNE A,#49,CINCUENTA
MOV 63H,#147
MOV 25H,#69
RET
CINCUENTA:
CJNE A,#50,SALIDA_CONVERTER
MOV 63H,#149
MOV 25H,#67

SALIDA_CONVERTER:
RET

TIEMPO:
PUSH ACC
CLR TR0
MOV TH0,#03CH
MOV TL0,#0B0H
INC 23H
MOV A,23H
CJNEA,#20,SALIDA_CHICA_TIEMPO
MOV 23H,#0
INC 24H
MOV A,24H
JMP SALTA_BARRERA

SALIDA_CHICA_TIEMPO:
JMP SALIDA_TIEMPO

SALTA_BARRERA:
CJNE
A,#10,CONTINUAR_SEGUNDO
MOV 24H,#0
INC 28H
MOV A,28H
CJNE A,#6,CONTINUAR_MINUTO
MOV 28H,#0
INC 22H
INC 29H
MOV A,29H
CJNE A,#10,
CONTINUAR_ULTIMA_COMPARACION
MOV 29H,#0
INC 30H

MOV 35H,#0DBH
CALL MOVER_CURSOR
MOV A,30H
ORL A,#00110000B
CALL ESCRIBIR
MOV A,29H
ORL A,#00110000B
CALL ESCRIBIR
MOV A,#:'
CALL ESCRIBIR
MOV A,28H
ORL A,#00110000B
CALL ESCRIBIR
MOV A,24H
ORL A,#00110000B
CALL ESCRIBIR
JMP SALIDA_TIEMPO
CONTIN_ULTIMA_COMPARACION:
MOV 35H,#0DCH
CALL MOVER_CURSOR
MOV A,29H
ORL A,#00110000B
CALL ESCRIBIR
MOV A,#:'
CALL ESCRIBIR
MOV A,28H
ORL A,#00110000B
CALL ESCRIBIR
MOV A,24H
ORL A,#00110000B
CALL ESCRIBIR
JMP SALIDA_TIEMPO

CONTINUAR_MINUTO:
MOV 35H,#0DEH
CALL MOVER_CURSOR
MOV A,28H
ORL A,#00110000B
CALL ESCRIBIR
MOV A,24H
ORL A,#00110000B
CALL ESCRIBIR
JMP SALIDA_TIEMPO

CONTINUAR_SEGUNDO:
MOV 35H,#0DFH
CALL MOVER_CURSOR
MOV A,24H
ORL A,#00110000B
CALL ESCRIBIR

SALIDA_TIEMPO:
SETB TR0
POP ACC
RETI

PULSOS_INICIALES:
PUSH ACC
CLR TR1
MOV A, 15H
CJNE A,#1,PULSOS_IN_POS
MOV TH1,#0FFH
MOV TL1,#0
MOV 15H,#0
MOV P2,#123
SETB TR1
POP ACC
RETI

PULSOS_IN_POS:
CJNE A,#0, PULSOS_IN_POS_2
MOV 15H,#2
MOV TH1,#0FFH
MOV TL1,#38
MOV P2,#130
SETB TR1
POP ACC
RETI

PULSOS_IN_POS_2:
CJNE A,#2,PULSOS_IN_POS_3
MOV 15H,#3
MOV TH1,#0FFH
MOV TL1,#38
MOV P2,#123
SETB TR1
POP ACC
RETI

PULSOS_IN_POS_3:
MOV 15H,#1
MOV TH1,#0FFH
MOV TL1,#38
MOV P2,#118
SETB TR1
POP ACC
RETI

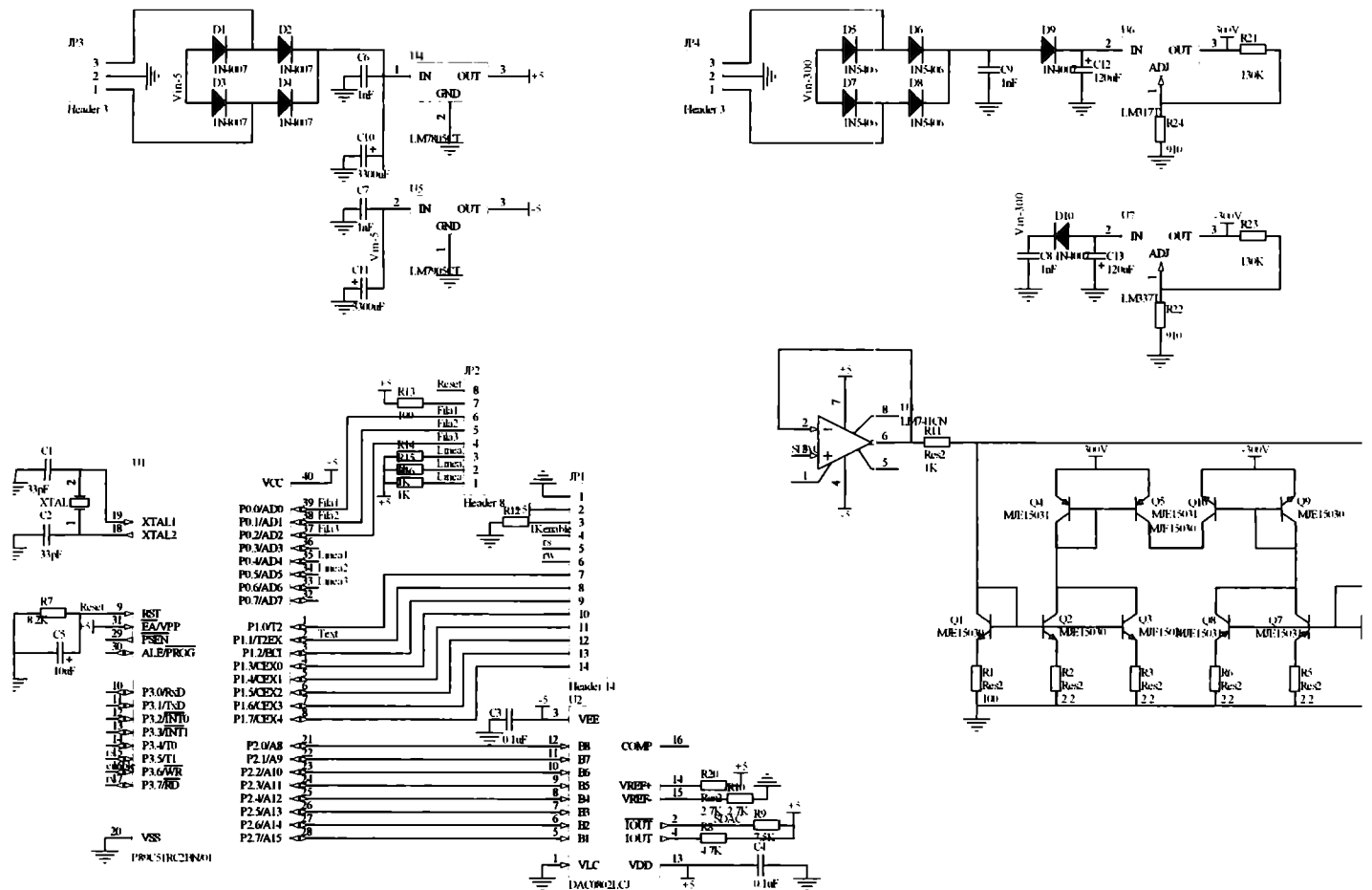
RETARDO_10MS:
MOV 20H,#25
LAZO_2:MOV 21H,#200
LAZO_1:DJNZ 21H,LAZO_1
DJNZ 20H,LAZO_2
RET

RETARDO_20MS:
MOV R3,#10
SALTA_RETARDO:
CALL RETARDO_10MS
DJNZ R3,SALTA_RETARDO
RET
END

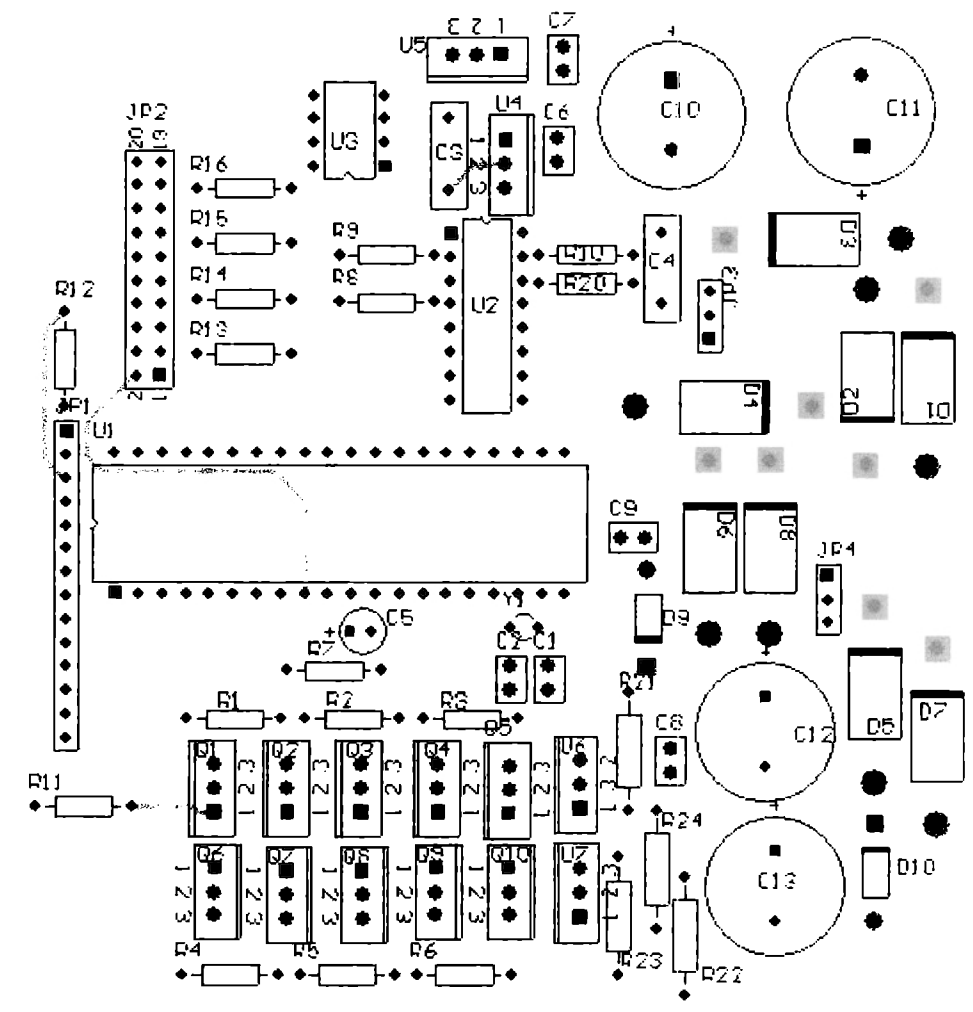
```



# ANEXO 2. Diagrama de conexión



# ANEXO 3. Mapa de tarjeta impresa





## ANEXO 4. Lista completa de material

Elemento	Descripción	Valor
C1	Capacitor	33pF
C2	Capacitor	33pF
C3	Capacitor	0.1uF
C4	Capacitor	0.1uF
C5	Capacitor electrolítico	10uF
C6	Capacitor	1nF
C7	Capacitor	1nF
C8	Capacitor	1nF
C9	Capacitor	1nF
C10	Capacitor electrolítico	3300uF
C11	Capacitor electrolítico	3300uF
C12	Capacitor electrolítico	120uF
C13	Capacitor electrolítico	120uF
D1	Diodo rectificador de 1.0 Ampere	1N4007
D2	Diodo rectificador de 1.0 Ampere	1N4007
D3	Diodo rectificador de 1.0 Ampere	1N4007
D4	Diodo rectificador de 1.0 Ampere	1N4007
D5	Diodo rectificador de 3.0 Ampere	1N5408
D6	Diodo rectificador de 3.0 Ampere	1N5408
D7	Diodo rectificador de 3.0 Ampere	1N5408
D8	Diodo rectificador de 3.0 Ampere	1N5408
D9	Diodo rectificador de 1.0 Ampere	1N4007
D10	Diodo rectificador de 1.0 Ampere	1N4007
JP1	Header, 14-Pines	
JP2	Header, 10-Pines de dos filas	
JP3	Header, 3-Pines	
JP4	Header, 3-Pines	
Q1	Transistor de potencia	MJE350

Q2	Transistor de potencia	MJE350
Q3	Transistor de potencia	MJE350
Q4	Transistor de potencia	MJE340
Q5	Transistor de potencia	MJE340
Q6	Transistor de potencia	MJE340
Q7	Transistor de potencia	MJE340
Q8	Transistor de potencia	MJE340
Q9	Transistor de potencia	MJE350
Q10	Transistor de potencia	MJE350
R1	Resistencia	100
R2	Resistencia	2.2
R3	Resistencia	2.2
R4	Resistencia	100
R5	Resistencia	2.2
R6	Resistencia	2.2
R7	Resistencia	8.2K
R8	Resistencia	4.7K
R9	Resistencia	7.5K
R10	Resistencia	2.7K
R11	Resistencia	1K
R12	Resistencia	1K
R13	Resistencia	100
R14	Resistencia	1K
R15	Resistencia	1K
R16	Resistencia	1K
R20	Resistencia	1K
R21	Resistencia	130K
R22	Resistencia	910
R23	Resistencia	130K
R24	Resistencia	910
U1	Microcontrolador	AT89C52
U2	Convertidor Digital – Analógico de 8-Bits	DAC0800
U3	Amplificador Operacional	LM741
U4	Regulador de voltaje	LM7805
U5	Regulador de voltaje	LM7905
U6	Regulador de voltaje	LM317
U7	Regulador de voltaje	LM337
Y1	Cristal	





## ANEXO 5. Manual de usuario

Para el correcto funcionamiento del electroestimulador para el tratamiento de la incontinencia urinaria se deben seguir los siguientes pasos:

1. Conectar la sonda.
2. Conectar el estimulador a la toma corriente.
3. Encender el equipo, con el interruptor que se encuentra en la parte trasera. Al momento de encenderlo aparecerán unas barras oscuras en la pantalla.
4. Presionar la tecla , para iniciar el equipo. En ese momento deberá desplegarse en la pantalla la leyenda "ESTIMULADOR ELÉCTRICO".
5. Presionar la tecla , para visualizar los parámetros de inicio. Se visualizará en la pantalla los parámetros con sus valores predeterminados.



FRECUENCIA	10Hz
ANCHO DEL PULSO	200 $\mu$ s
INTENSIDAD	0mA
TIEMPO DE SESIÓN	0min

6. Si se requiere modificar alguno de estos parámetros, presionar la tecla correspondiente del parámetro a modificar.


FRECUENCIA	
ANCHO DEL PULSO	
INTENSIDAD	
TIEMPO DE SESIÓN	


7. Se desplegará una pantalla con el parámetro seleccionado, su rango de posibles valores a tomar y su valor actual.

FRECUENCIA	10 – 50 Hz
ANCHO DEL PULSO	200 – 500 $\mu$ s
INTENSIDAD	0 – 100 mA
TIEMPO DE SESIÓN	0 – 30 min

8. Para el incremento o decremento de los valores, presionar las teclas marcadas como  y  respectivamente. Los pasos de los cambios son:


FRECUENCIA	1 Hz
ANCHO DEL PULSO	100 $\mu$ s
INTENSIDAD	2.5 mA
TIEMPO DE SESIÓN	1 min

9. Cuando se tenga el valor deseado del parámetro modificado, presionar la tecla  y volverán a desplegarse los parámetros con su valor seleccionado.

10. Una vez se esté de acuerdo con todos los parámetros, dar inicio a la sesión mediante la tecla .

11. Durante la sesión puede modificar la intensidad mediante las teclas  y  o pausar la sesión con la tecla .

12. Al terminar la sesión se desplegará la leyenda "SESIÓN TERMINADA".

13. Si se desea comenzar otra sesión, presionar  y repetir los pasos del 5 en adelante.

## Bibliografía

- [Aguil90a] DEL ÁGUILA, Carlos 'Electroestimulación'. Electromedicina, Ed. Hispano Americana. pp. 267-290. 1990
- [Aguil90b] DEL ÁGUILA, Carlos 'Electroestimulación. Reseña anatómica y fisiopatológica neuromuscular'. Electromedicina, Ed. Hispano Americana. pp. 268. 1990.
- [Aguil90c] DEL ÁGUILA, Carlos 'Electroestimulación. Reseña anatómica y fisiopatológica neuromuscular'. Electromedicina, Ed. Hispano Americana. pp. 269. 1990.
- [Aguil90d] DEL ÁGUILA, Carlos 'Electroestimulación. Electrofisiología neuromuscular'. Electromedicina, Ed. Hispano Americana. pp. 269. 1990
- [Aguil90e] DEL ÁGUILA, Carlos 'Electroestimulación. Electrofisiología neuromuscular'. Electromedicina, Ed. Hispano Americana. pp. 269. 1990
- [Gard85] GARDNER, E. 'Pelvis. Vejiga urinaria, uréter y uretra'. Anatomía. Editorial Interamericana, 3° edición, pp. 573, 1985.
- [Guyt00a] GUYTON, A. 'Micción, diuréticos y enfermedades renales'. Tratado de Fisiología Médica. Editorial McGraw-Hill Interamericana, 10° edición, pp. 443, 2000.
- [Smug05] [http://www.smug-ac.com/archivos/Actualizacion\\_IUE.pdf](http://www.smug-ac.com/archivos/Actualizacion_IUE.pdf)
- [Uson90] USON, A., PRIETO, L., SALINAS, J. 'Aplicación de la estimulación eléctrica intravaginal o intrarectal al tratamiento de las disfunción vesical (inestabilidad vesical)'. Revista Venezolana de Urología. 1990. Vol 40, Nº 3.
- [Women] <http://www.womenshealthsection.com/content/graphics/bladder.jpg>