

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
FACULTAD DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD Y
COMPUTACIÓN

“EQUIPO DE BIORRETROALIMENTACIÓN
BASADO EN EL FENÓMENO
ELECTRODÉRMICO”

TÓPICO DE GRADUACIÓN
Previa la obtención del título de:
INGENIERO EN ELECTRICIDAD
ESPECIALIZACIÓN ELECTRÓNICA

Presentado por:
NANCY RAQUEL BERMÚDEZ ROBLES
LUIS FERNANDO MALDONADO DAÑÍN

GUAYAQUIL – ECUADOR
2004

AGRADECIMIENTO

Al Ing. Miguel Yapur y al Dr. Enrico Bonfanti por sus valiosos conocimientos aportados y constante apoyo, más todas aquellas personas que de una u otra forma colaboraron para la realización de este trabajo, nuestro sincero y eterno agradecimiento.

DEDICATORIA

A mis padres, mi esposo, mis hermanos y mis amigos por su cariño, respaldo y confianza.

Nancy Bermúdez

A mis padres por su invariable apoyo y comprensión durante todo el transcurso de mi carrera y a mi hermano por su incondicional ayuda y por ser un ejemplo de superación.

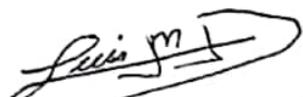
Luis Maldonado

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de este Tópico de Grado, nos corresponde exclusivamente; y el patrimonio de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

Art. 12 del Reglamento de Graduación de la ESPOL


Nancy Bermúdez Robles

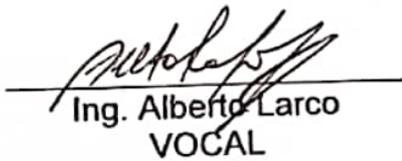

Luis Maldonado Dañín

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

Ing. Carlos Monsalve
DECANO DE LA FIEC



Ing. Miguel Yapur
DIRECTOR DEL TÓPICO



Ing. Alberto Larco
VOCAL



Dr. Enrico Bonfanti
VOCAL

RESUMEN

El estrés es uno de los factores de riesgo más importantes para la mayoría de las enfermedades más frecuentes que se manifiestan a finales del siglo pasado y en el actual, presentándose tanto en trastornos del corazón, como en hipertensión arterial, cáncer, diabetes, alteraciones metabólicas y hormonales.

Aprender a reconocer y controlar el estrés es una habilidad esencial en la vida. Las personas que mejoran su resistencia al estrés o que son capaces de superar sus efectos tienden a ser emocional y físicamente más sanas que aquellas que se sienten estresadas gran parte del tiempo y creen que no pueden cambiar sus circunstancias.

Aunque las estrategias de autoayuda resultan beneficiosas para las personas que intentan controlar o superar el estrés crónico, quienes lo sufren en un grado altamente debilitante deben buscar ayuda profesional. La relajación es uno de los sistemas más eficaces para controlar el estrés.

Por esto presentamos un dispositivo de biorretroalimentación basado en el fenómeno electrodérmico, el cual indica el nivel de estrés del individuo por medio de una escala numérica y de una señal audible, a partir de uno de los parámetros mas afectados por este fenómeno que es la resistencia eléctrica de la piel, de tal forma que tanto el profesional de la salud (psiquiatra, psicólogo, médico clínico, otros) como el usuario puedan comprobar si las técnicas de relajación se están realizando correctamente.

INDICE GENERAL

CONTENIDO	Pág.
RESUMEN	V
INDICE GENERAL.....	VI
INDICE DE FIGURAS.....	X
INTRODUCCION	XI
1. GENERALIDADES	1
1.1. FENÓMENO ELECTRODÉRMICO	1
1.1.1. MEDICIÓN DEL FENÓMENO ELECTRODÉRMICO	3
1.2. LA PIEL.....	4
1.2.1. FISIOLOGÍA	5
1.2.2. ESTRUCTURA.....	6
1.2.3. LAS GLÀNDULAS SUDORÍPARAS	9
1.2.4. REGULACIÓN DE LA TEMPERATURA CORPORAL	11
1.2.5. TERMOSTATO HIPOTALÁMICO.....	13
1.3. EL CEREBRO.....	14
1.3.1. ESTRUCTURA.....	16
1.3.2. EL HIPOTÁLAMO.....	18

1.3.3. LA CORTEZA CEREBRAL.....	22
1.4. EL SISTEMA NERVIOSO AUTÓNOMO.....	24
1.4.1. EL SISTEMA SIMPÁTICO.....	26
1.4.2. EL SISTEMA PARASIMPÁTICO.....	27
1.4.3. LOS NEUROTRANSMISORES.....	28
1.4.4. LOS RECEPTORES.....	30
1.4.5. CONTROL DE LOS CENTROS SUPERIORES.....	32
1.5. EL SISTEMA ENDOCRINO.....	34
1.5.1. LAS GLANDULAS ENDOCRINAS.....	35
1.5.2. LAS HORMONAS.....	37
1.5.3. LA HIPÖFISIS.....	38
1.5.4. LAS GLÁNDULAS SUPRARRENALES.....	40
1.5.4.1. LA CORTEZA SUPRARRENAL.....	41
1.5.4.2. LA MÉDULA SUPRARENAL.....	43
2. EL ESTRÉS.....	45
2.1. TIPOS DE ESTRÉS.....	47
2.2. FISIOLÓGÍA DEL ESTRÉS.....	50
2.2.1. FISIOLÓGÍA DEL ESTRÉS AGUDO.....	51
2.2.2. FISIOLÓGÍA DEL ESTRÉS CRÓNICO.....	54
2.3. CAUSAS Y CONSECUENCIAS.....	56
2.3.1. PRINCIPALES TRASTORNOS SICOFISIOLÓGICOS.....	60

2.4.	TÉCNICAS PARA CONTROLAR EL ESTRÉS.....	62
2.4.1.	LA MEDITACIÓN.....	63
2.4.2.	EQUIPO INDUCTOR DE ONDAS ALFA Y DELTA.....	66
2.4.2.1.	PROCESO DEL PENSAMIENTO (FUNDAMENTO NEUROQUÍMICO).....	67
2.4.2.2.	LAS ONDAS CEREBRALES	68
2.4.2.3.	CLASIFICACIÓN DE LAS ONDAS CEREBRALES.....	70
2.4.2.4.	UTILIDAD DEL EQUIPO EMISOR DE ONDAS ALFA Y DELTA.....	73
2.4.2.5.	EL EFECTO FFR.....	74
2.4.2.6.	ANÁLISIS DEL DISPOSITIVO EMISOR DE ONDAS ALFA Y DELTA.....	76
2.4.2.7.	LA BIORRETROALIMENTACIÓN	77
3.	DISEÑO DEL EQUIPO DE BIORRETROALIMENTACIÓN.....	83
3.1.	DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO.....	84
3.2.	ANÁLISIS DEL DIAGRAMA DE BLOQUES DEL EQUIPO DE BIORRETROALIMENTACIÓN.....	85
4.	ANÁLISIS FUNCIONAL DEL EQUIPO.....	88
4.1.	CIRCUITO SENSOR	88
4.2.	CIRCUITO CONVERTOR	94

4.3.	CIRCUITOS DE RETROALIMENTACIÓN.....	96
4.3.1.	CIRCUITO DE VISUALIZACIÓN.....	97
4.3.2.	CIRCUITO DE AUDIO.....	98
4.3.2.1.	OSCILADOR CONTROLADO POR VOLTAJE.....	100
4.3.2.2.	MULTIVIBRADOR ASTABLE	103
5.	MANUAL DEL USUARIO	105
5.1.	MANEJO DEL EQUIPO DE BIORRETROALIMENTACIÓN.....	106
5.2.	INSTRUCCIONES PARA USAR EL EQUIPO	108
5.3.	DATOS TÉCNICOS.....	109
5.3.1.	FUENTE DE ALIMENTACIÓN	109
5.3.2.	ESPECIFICACIONES ELÉCTRICAS.....	110
5.3.3.	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.....	110
5.3.4.	REQUISITOS AMBIENTALES	111
5.3.5.	CALIBRACIÓN DEL EQUIPO	111
5.3.6.	SEGURIDAD PARA EL PACIENTE	111

CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

INDICE DE FIGURAS

CONTENIDO	Pág.
1.1 Ubicación de los electrodos para medir el fenómeno electrodérmico	4
1.2 Estructura de la piel.....	9
1.3 El encéfalo y sus partes	16
1.4 Localización de las glándulas endocrinas.....	36
1.5 Localización de la glándula Hipófisis	39
1.6 Localización de las glándulas suprarrenales.....	41
1.7 Capas que conforman las glándulas suprarrenales	41
2.1 Gráfico de ondas cerebrales humanas.....	72
3.1 Diagrama de bloques del equipo de biorretroalimentación.....	86
4.1 Diagrama esquemático del circuito sensor.....	92
4.2 Diagrama esquemático de los circuitos conversor y de visualización.....	93
4.3 Diagrama esquemático del circuito de audio.....	99
4.4 Oscilador controlado por voltaje.....	100
4.5 Forma de onda del capacitor de temporización.....	101
5.1 Foto del dispositivo y sus accesorios	105
5.2 Vista frontal.....	106
5.3 Vista posterior.....	106
5.4 Vista interior.....	107

INTRODUCCIÓN

La idea de diseñar el equipo de biorretroalimentación que se describe en el presente trabajo, se origina de la necesidad de contar en nuestro medio con equipos de apoyo con los cuales los profesionales de la salud evalúen el progreso de sus pacientes en el dominio de las técnicas de relajación.

En el capítulo 1 se describe el fenómeno electrodérmico, los órganos y sistemas involucrados en esta reacción fisiológica.

En el capítulo 2 se trata sobre el estrés por su relación con el fenómeno electrodérmico. Además se mencionan los cambios fisiológicos producidos por el estrés y las técnicas utilizadas para controlar dichos cambios. Nuestro equipo sirve de ayuda para aplicar una de estas técnicas, la biorretroalimentación.

En el capítulo 3 se expone la descripción general y el análisis del diagrama de bloques del equipo de biorretroalimentación.

En el capítulo 4 se detallan los circuitos que conforman el equipo de biorretroalimentación y su diseño electrónico.

En el capítulo 5 se explica el manejo del equipo y se incluyen sus especificaciones técnicas.

CAPÍTULO 1

1. GENERALIDADES

1.1 EL FENÓMENO ELECTRODÉRMICO

Entre dos puntos de la piel provistos de glándulas sudoríparas es posible obtener un cambio transitorio de impedancias o de tensión como respuesta a variaciones de temperatura, riego sanguíneo, emoción o del conjunto de caracteres síquicos de la persona. Estas variaciones son mas notorias ante cambios emocionales, por lo cual se las denomina respuesta o reflejo sicogalvánico.

El término “cambio de impedancias” mencionado es correcto, pero en la literatura concerniente a este tema se utiliza más bien el término “cambio de resistencia” ya que casi todas las mediciones experimentales o clínicas se han realizado con generadores de corriente continua o corriente alterna de muy baja frecuencia.

La variación transitoria de la resistencia cutánea o de su inversa, la conductancia, ante un estímulo emocional o sensorial fue descubierta por el Dr. Feré en 1888 quien comprobó un rápido decrecimiento de la resistencia cutánea de un paciente histérico cada vez que le aplicaba estímulos auditivos y visuales. Este fenómeno se conoce como “fenómeno exosomático” o más comúnmente Respuesta Resistiva Cutánea (RRC).

La variación del potencial cutáneo ante un estímulo sensorial o emocional fue descubierto por Iván Tarchanof, fisiólogo ruso en 1890. Actualmente este fenómeno se denomina “respuesta endosomática” o más comúnmente Respuesta Eléctrica Cutánea (REC).

Estas respuestas resistivas o galvánicas de la piel ante diversos estímulos y condiciones mencionados al principio, se han tratado de agrupar bajo denominaciones tales como: Fenómeno Electrodermico (F.E.), Reflejo o Respuesta Psicogalvánica (estos dos términos son usuales en castellano) o Reflejo Galvánico Cutáneo (GSR en inglés por galvanic skin reflex).

1.1.1 MEDICIÓN DEL FENÓMENO ELECTRODÉRMICO

Dado que los fenómenos transitorios de variación de resistencia y de tensión cutánea son suprimidos o por la desactivación de las glándulas sudoríparas o eludiéndolas por medio de la penetración de un electrodo hasta por debajo de la capa basal o cambiando la posición del electrodo que estaba sobre una zona activa hasta un lugar muy próximo pero escasamente sudoríparo (por ejemplo desde la palma al dorso de la mano), se concluye que es la actividad de las glándulas sudoríparas la que produce los fenómenos mencionados.

Las glándulas sudoríparas, están controladas por la porción simpática del sistema nervioso vegetativo (compuesto por una porción parasimpática dedicada al mantenimiento de las funciones vitales, y una porción simpática dedicada a excitar los mecanismo de defensa o alerta). Como hay evidencia de que el estímulo simpático aumenta rápidamente la permeabilidad de los estratos superiores de la epidermis provocando su súbita hidratación, el decrecimiento resistivo implicado puede dar cuenta del cambio de potencial observado y de la respuesta resistiva cutánea.

El fenómeno electrodérmico se puede medir colocando los electrodos en la cara interna de la mano, “donde existen aproximadamente 100 glándulas sudoríparas por cada centímetro cuadrado” (National Geographic, Noviembre 2002, p. 43).

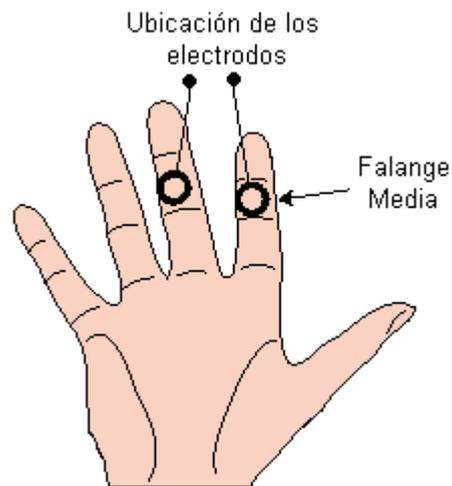


Figura 1.1 Ubicación de los electrodos para medir el fenómeno electrodérmico

Como se muestra en la Figura 1.1, los electrodos se colocan en la falange media de los dedos índice y medio de la mano, además se sujetan de tal manera que se mantengan en contacto con la piel.

1.2 LA PIEL

La piel es un órgano que consiste de tejidos unidos estructuralmente para realizar actividades específicas. Es uno de los mayores órganos

del cuerpo en términos de superficie. En un adulto, la piel ocupa en promedio una superficie de aproximadamente 2 m². La piel no es una simple cubierta delgada que mantiene al cuerpo unido y le da protección. La piel es más una estructura compleja y realiza varias funciones esenciales para la supervivencia.

1.2.1 FISIOLÓGÍA

Las numerosas funciones de la piel son las siguientes:

- **Regulación de la temperatura corporal.** En respuesta a una alta temperatura ambiental o al ejercicio extenuante, la producción de transpiración (sudor) por las glándulas sudoríparas ayuda a disminuir la temperatura corporal hasta un nivel normal. Los cambios en el flujo sanguíneo hacia la piel también alteran sus propiedades de aislamiento y le ayudan a ajustar la temperatura corporal.
- **Protección.** La piel cubre el cuerpo y proporciona una barrera física que protege los tejidos subyacentes de la abrasión física, invasión bacteriana, deshidratación y radiación ultravioleta (UV).

- **Recepción de estímulos.** La piel contiene numerosas terminaciones y receptores nerviosos que detectan los estímulos relacionados a la temperatura, tacto, presión y dolor.
- **Excreción.** La transpiración no sólo ayuda a regular la temperatura corporal normal, también ayuda en la excreción de pequeñas cantidades de agua, sal, y varios compuestos orgánicos.
- **Síntesis de vitamina D.** El término *vitamina D* realmente se refiere a un grupo de compuestos estrechamente relacionados sintetizados de manera natural a partir de una molécula precursora presente en la piel bajo la exposición a los rayos ultravioletas (UV).
- **Inmunidad.** Ciertas células de la epidermis son componentes importantes de la inmunidad, dada su capacidad para combatir la enfermedad produciendo anticuerpos.

1.2.2 ESTRUCTURA

En su estructura, la piel consiste de dos partes principales. La porción más extensa y más delgada que está compuesta de epitelio, se

denomina epidermis. La epidermis está unida firmemente a la parte de tejido conectivo, más interna y más delgada, llamada dermis. Por detrás de la dermis se encuentra el tejido subcutáneo. Esta capa consiste de tejido adiposo y areolar. Las fibras de la dermis se extienden hacia abajo dentro del tejido subcutáneo. El tejido subcutáneo, en cambio, se fija a los tejidos y órganos subyacentes.

- **Epidermis.** La epidermis es la capa externa delgada de la piel compuesta por las tres partes siguientes:
 - **Estrato córneo (capa córnea).** El estrato córneo previene la entrada de la mayoría de las sustancias extrañas y la pérdida de fluidos corporales.
 - **Queratinocitos (células escamosas).** Esta capa, que se encuentra debajo del estrato córneo, contiene queratinocitos activos (células escamosas), que maduran y forman el estrato córneo.
 - **Capa basal.** La capa basal es la capa más profunda de la epidermis que contiene células basales. Las células basales se dividen continuamente, formando nuevos queratinocitos que

reemplazan a los antiguos que se desprenden de la superficie cutánea.

La epidermis también contiene melanocitos que producen melanina (el pigmento de la piel).

- **Dermis.** La dermis es la capa media de la piel. La dermis está compuesta por lo siguiente:
 - Vasos sanguíneos y linfáticos.
 - Folículos pilosos.
 - Glándulas sudoríparas.
 - Fibras de colágeno.
 - Fibroblastos.
 - Nervios

La dermis se mantiene unida por el colágeno (una proteína). En esta capa se encuentran los receptores del dolor y del tacto.

- **Capa Subcutánea.** La capa subcutánea es la capa más profunda de la piel. Está compuesta por una red de células de colágeno y grasa, que ayuda a conservar el calor corporal y protege el cuerpo contra lesiones puesto que amortigua los impactos.

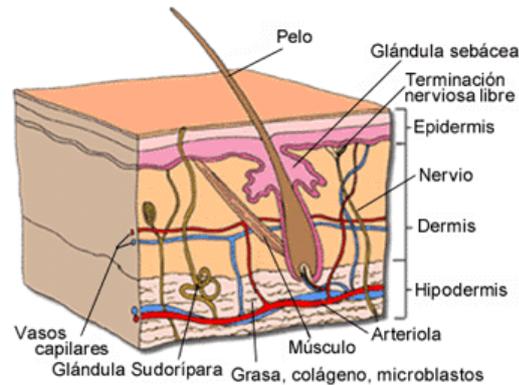


Figura 1.2 Estructura de la piel, tomada de <http://www.methodisthealth.com/spanish/dermo/anatomy.htm>

1.2.3 LAS GLÁNDULAS SUDORÍPARAS

Las glándulas sudoríparas o glándulas del sudor, son divididas en dos grupos principales en base a su estructura y localización. Las glándulas sudoríparas apócrinas son glándulas simples y tubulares ramificadas. Su localización está limitada principalmente a la piel de la axila, región púbica, y a las áreas pigmentadas de las mamas (areola). La porción secretora de las glándulas sudoríparas apócrinas se localiza en la dermis o tejido subcutáneo y el conducto excretor se abre en los folículos pilosos.

Las glándulas sudoríparas ecrinas son mucho más comunes que las glándulas sudoríparas apócrinas. Las glándulas sudoríparas ecrinas

son más numerosas en la piel de las palmas de las manos y de las plantas de los pies.

La porción secretora de las glándulas sudoríparas ecrinas está localizada en la capa subcutánea, y los conductos excretores se proyectan hacia arriba a través de la dermis y de la epidermis para terminar en un poro en la superficie de la epidermis.

La transpiración, o sudor, es la sustancia producida por las glándulas sudoríparas. Es una mezcla de agua, sales (principalmente NaCl), urea, ácido úrico, aminoácidos, amonio, azúcar, ácido láctico y ácido ascórbico. Su principal función es ayudar a regular la temperatura corporal por medio de la evaporación de agua en la transpiración, lo cual saca grandes cantidades de energía en forma de calor a través de la superficie corporal. También ayuda a eliminar desechos.

La cantidad de sudor producida depende de nuestros estados de emoción y de actividad física. Puede producirse sudor en respuesta a un estímulo nervioso, alta temperatura del aire o ejercicios.

1.2.4 REGULACIÓN DE LA TEMPERATURA CORPORAL

Uno de los mejores ejemplos de la homeostasis (condición en la que el ambiente interno del cuerpo permanece dentro de un margen de ciertos límites fisiológicos) en los humanos es la regulación de la temperatura corporal por medio de la piel. Los humanos, como otros mamíferos son homeotermos (*homeo* = mismo; y *therm* = temperatura) organismos de sangre caliente. Esto significa que nosotros somos capaces de mantener una temperatura corporal constante de casi 37°C aún en caso de que la temperatura ambiental pueda variar en un amplio rango.

Suponiendo que una persona se encuentra en un ambiente donde la temperatura es mayor que la temperatura corporal normal de 37°C. Una secuencia de acontecimientos entra en operación para contrarrestar esa temperatura por arriba de lo normal, la cual puede considerarse un estrés.

Unas estructuras sensitivas en la piel denominadas termorreceptores recogen el estímulo –en este caso calor– y las neuronas activas (células nerviosas) envían el mensaje (impulso) al cerebro. Después un área del cerebro que regula la temperatura envía impulsos

nerviosos a las glándulas sudoríparas, lo que produce más transpiración. Conforme la transpiración se evapora de la superficie de la piel, se enfría y la temperatura corporal disminuye.

Nótese que la regulación de la temperatura por medio de la piel es un sistema de retroalimentación, ya que la salida (enfriamiento de la piel) es una retroalimentación para los receptores de la piel y forma parte de nuevo ciclo de estímulo-respuesta. En otros términos, después de que se inactivan las glándulas sudoríparas, los receptores de la piel mantienen informado al cerebro sobre la temperatura externa. El cerebro, en cambio, continúa enviando impulsos a las glándulas sudoríparas hasta que la temperatura regrese a 37°C.

La regulación de la temperatura por medio de la transpiración representa solo un mecanismo por medio del cual podemos disminuir la temperatura corporal a lo normal. Otros mecanismos incluyen el ajuste de flujo sanguíneo a la piel (la dilatación de los vasos sanguíneos en la piel provoca la liberación de más calor), la regulación de la velocidad metabólica (una velocidad metabólica menor reduce la producción de calor) y la regulación de las contracciones del músculo esquelético (un tono muscular disminuido origina menor producción de calor).

En respuesta a una temperatura corporal menor de lo normal, la producción de transpiración disminuye, los vasos sanguíneos en la piel se constriñen de tal manera que se libera más calor, la velocidad metabólica se incrementa, al igual que el aumento del tono muscular y los escalofríos del músculo esquelético originan un incremento en la producción de calor.

Como se comentó anteriormente, los humanos son organismos homeotermos; esto es, su temperatura corporal adecuada se mantiene no sólo por actos voluntarios sino también por un grupo de respuestas reflejas que se integran en el hipotálamo.

1.2.5 TERMOSTATO HIPOTALÁMICO

La temperatura corporal se regula mediante mecanismos que intentan mantener en equilibrio la producción y la pérdida de calor. El centro de control para estos mecanismos de naturaleza refleja se encuentra en un grupo de neuronas que se localizan en la porción anterior del hipotálamo, denominada área preóptica. Esta área recibe impulsos desde los receptores para la temperatura que se encuentran en la piel y las membranas mucosas (termorreceptores periféricos) y en las estructuras internas como el hipotálamo (termorreceptores centrales).

Si se eleva la temperatura sanguínea, las neuronas del área preóptica disparan impulsos nerviosos con mayor rapidez. Si algo provoca que la temperatura sanguínea disminuya, estas neuronas disparan los impulsos nerviosos con más lentitud. El área preóptica se ajusta para la temperatura corporal normal y esto sirve a manera de termostato. Se envían impulsos nerviosos desde el área preóptica a otras porciones del hipotálamo que se conocen como centro de pérdida de calor y centro promotor de calor.

Se usan actividades voluntarias, conjuntamente con todas las respuestas ya mencionadas, para ayudar a lograr la homeostasis de la temperatura corporal central.

1.3 EL CEREBRO

La masa cerebral es uno de los órganos más grandes del cuerpo corresponde al 2% del peso del cuerpo humano y requiere el 20% del consumo total de energía, la cual proviene de tres fuentes principales: agua, oxígeno y glucosa.

El cerebro humano está constituido por un 80% de agua, el resto contiene células nerviosas o neuronas, células glía o neuroglía, vasos

sanguíneos y linfáticos, meninges y material bioquímico como lípidos, albúmina e hidrocarburos (glucosa).

Cualquier interrupción en el aporte de oxígeno al cerebro puede originar debilitamiento, daño permanente o muerte de las células cerebrales. La deficiencia de glucosa puede producir desvanecimiento, convulsiones e inconsciencia.

El cerebro se divide en dos hemisferios unidos por el cuerpo caloso. Las investigaciones recientes indican que los dos hemisferios del cerebro no son simétricos desde el punto de vista bilateral, ya sea en el sentido anatómico o funcional.

El hemisferio cerebral izquierdo es más importante para el control de la mano derecha, el lenguaje hablado o escrito, el razonamiento, las habilidades científicas y numéricas. El hemisferio derecho es más importante para el control de la mano izquierda, habilidades musicales o artísticas, percepción de modelo o espacio, percepción, imaginación y generación de imágenes mentales de pensamiento, sonidos, tacto, gusto y olfato.

El cerebro está protegido por los huesos craneales, las meninges y el líquido cefalorraquídeo. El líquido cefalorraquídeo sirve como un absorbente de choques, también libera sustancias nutritivas desde la sangre y libera desechos.

1.3.1 ESTRUCTURA

El encéfalo conocido comúnmente como cerebro, esta realmente dividido en 4 partes: el tallo cerebral, el cerebelo, el cerebro propiamente dicho y el diencefalo. En la figura 1.3 se muestra que el encéfalo tiene forma de hongo y se detallan sus partes.

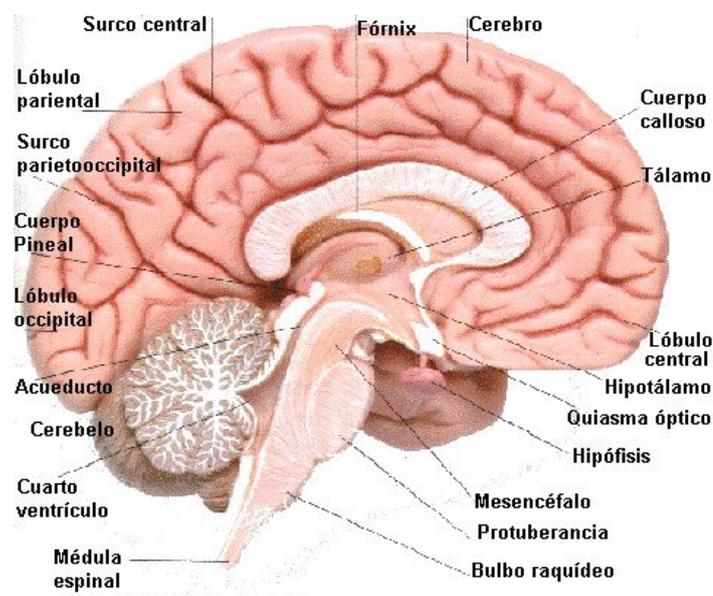


Figura 1.3 El encéfalo y sus partes
Tomado de <http://biblia.com/maravillas/cerebro.htm>

El tallo cerebral (el tallo del hongo) está formado por bulbo raquídeo, la protuberancia anular, el mesencéfalo o cerebro medio. El bulbo raquídeo se continúa con la parte superior de la medula espinal y presenta porciones de vías sensitivas y motoras. Tiene núcleos que son centros reflejos para la regulación de la frecuencia cardiaca, frecuencia respiratoria, vaso constricción, deglución, tos, vómito, estornudo e hipo.

El cerebelo se encuentra por abajo del cerebro y posterior al tallo cerebral. Es la segunda porción mas grande del encéfalo. Ocupa la cara inferior y posterior de la cavidad craneal. Desde el punto de vista funciona, el cerebelo es un área motora del encéfalo que se relaciona con la coordinación de los movimientos subconscientes del sistema músculo-esquelético. El cerebelo recibe constantemente señales de entrada desde los propioceptores de los músculos, tendones y articulaciones, receptores para el equilibrio y receptores visuales de los ojos. Hay evidencia de que el cerebelo puede tener un papel importante en el desarrollo emocional de una persona, modulando las sensaciones de ira y placer, llevando a una expresión e interpretación emocional normales.

El cerebro se encuentra sobre el tallo cerebral y forma la dilatación del encéfalo. La superficie del cerebro se compone de materia gris de 2 a 4 mm de grosor y se llama corteza cerebral. Se desarrolla muy rápido durante los primeros años de vida, este crecimiento se debe en su mayor parte a un aumento del tamaño de las células ya presentes, proliferación y crecimiento de las células de neuroglia, el desarrollo de los contactos sinápticos y de la arborización dendrítica, y finalmente, la mielinización de los diversos fascículos de fibra.

El diencefalo esta formado principalmente por el tálamo y el hipotálamo. El tálamo se encuentra por arriba del cerebro medio y tiene núcleos que sirven como estaciones de relevo para todos los impulsos sensitivos (excepto el olfato) hasta la corteza cerebral; también registra el reconocimiento consciente del dolor, la temperatura, además de algo de la sensibilidad al tacto ligero y presión.

1.3.2 EL HIPOTÁLAMO

El hipotálamo (hypo = abajo) es una pequeña porción del diencefalo que se localiza por debajo del tálamo. La información desde el punto de vista externo llega al hipotálamo por medio de vías aferentes que

se originan en los órganos sensitivos periféricos. Los impulsos que provienen de los receptores del sonido, gusto, olfato y de receptores somáticos llegan en su totalidad al hipotálamo. Los impulsos aferentes, se monitorizan en el medio ambiente interno, emergen de las vísceras internas y alcanzan a este.

Otros receptores en parte del hipotálamo en sí, monitorizan de forma continua la concentración de agua, la concentración de ciertas hormonas y la temperatura de la sangre. Además el hipotálamo tiene varias conexiones muy importantes con la glándula hipófisis y es por si mismo capaz de producir varias hormonas.

A pesar de su tamaño pequeño el núcleo en el hipotálamo controla muchas actividades corporales, la mayoría de las cuales están relacionadas con la homeostasis.

Las principales funciones del hipotálamo son las siguientes:

- Controla e integra el sistema nervioso autónomo, estimula el músculo liso, regula la frecuencia de contracción del músculo cardiaco y regula la secreción de muchas glándulas. Por lo tanto

el hipotálamo es el principal regulador de las actividades viscerales por intermediación del sistema nervioso autónomo.

- Participa en la recepción e integración de los impulsos sensoriales provenientes de las vísceras.
- Es el principal intermediario entre el sistema nervioso y el endocrino, que son los dos sistemas de regulación principales del cuerpo. El hipotálamo se localiza justo por encima de la hipófisis que es la principal glándula endocrina. Cuando el primero detecta ciertos cambios en el cuerpo, libera sustancias químicas llamadas factores reguladores, que estimulan o inhiben al lóbulo anterior de la hipófisis. Acto seguido éste libera o no hormonas que regulan diversas actividades del cuerpo, según sea el caso.
- Es el centro de integración de las emociones. Cuando la corteza cerebral interpreta emociones intensas, es frecuente que envíe impulsos por las fibras que la conectan con el hipotálamo. Acto seguido éste transmite otros impulsos por el sistema nervioso autónomo y libera sustancias químicas que estimulan la hipófisis. El resultado puede consistir en una amplia diversidad de cambios en las actividades corporales. Por ejemplo, cuando una persona

experimenta pánico, los impulsos provenientes del hipotálamo aceleran los latidos cardiacos. De igual manera el estrés psicológico continuo puede originar anormalidades a largo plazo en el funcionamiento corporal, que dan por resultado enfermedades graves, los así llamados trastornos sicosomáticos.

- Se relaciona con la ira y la agresividad
- Controla la temperatura corporal normal. Ciertas células del hipotálamo sirven como termostato. Si la sangre que pasa por este órgano tiene temperatura supranormal, el hipotálamo envía impulsos por el sistema nervioso autónomo a efecto de provocar cambios que fomenten la pérdida de calor. Esta última puede tener lugar por medio de la relajación del músculo liso de los vasos sanguíneos, o sea, la vaso dilatación cutánea y el aumento en la pérdida de calor por la piel, misma que también ocurre por medio de la sudoración. A la inversa, si la temperatura de la sangre es subnormal, el hipotálamo genera impulsos que fomentan la retención de calor, como sería la constricción de los vasos sanguíneos cutáneos, interrupción de la sudoración y generación de estremecimiento.

- Regula la ingestión de alimentos por medio de los centros de hambre y saciedad.
- En él se localiza el centro de sed. Algunas células hipotalámicas reciben estímulos cuando disminuye el volumen del líquido extracelular, y con ello se produce la sensación de sed.
- Es uno de los centros que regula el sueño y vigilia.
- Actúa como un marcapasos autónomo que regula numerosos ritmos biológicos.

1.3.3 LA CORTEZA CEREBRAL

La corteza cerebral representa cerca del 83 % del peso total del cerebro (normalmente de 1450 g), abarcando una superficie de 70 cm², su espesor de entre 3 y 5mm; contiene cerca de 25000 millones de neuronas que están sostenidas y alimentadas por cien mil a doscientas mil millones de neuroglía.

La corteza es la sede de las funciones superiores, a saber: aprendizaje, memoria, lenguaje, sensaciones y conciencia. De

manera general, la corteza cerebral se divide en áreas sensitivas, motoras y de asociación. Las áreas sensitivas interpretan los impulsos sensitivos, las áreas motoras controlan el movimiento muscular, y las áreas de asociación se relacionan con los procesos emocionales e intelectuales.

- **Áreas sensitivas.** Existen varias áreas sensitivas en la corteza cerebral. El área sensorial primaria llegan sensaciones de partes específicas y en lo esencial el cuerpo completo esta representado espacialmente en ella. Su función principal es localizar exactamente el punto del cuerpo en que se originan las sensaciones.

El área sensitiva secundaria guarda relación principalmente con la disminución de los aspectos discriminatorios de la sensación.

El área sensitiva de asociación integra e interpreta las sensaciones por lo cual podemos identificar forma y textura de un objeto sin mirarlo o su orientación respecto de otro conforme lo sentimos. Otra de sus funciones es el almacenamiento de recuerdos de experiencia sensoriales pasadas.

El área agnóstica integra los pensamientos que se originan en las áreas sensoriales, de modo que forma uno general a partir de la diversa información sensorial. Acto seguido transmite impulsos a otras partes del encéfalo para desencadenar la respuesta apropiada a un estímulo sensorial dado.

- **Áreas motoras.** Las principales son el área motora y el área premotora, que consisten en regiones que controlan músculos o grupos de músculos, en forma específica la primera y de manera secuencial la segunda. Otras áreas motoras son las que controlan el movimiento ocular y el lenguaje.
- **Áreas de asociación.** Consisten en haces que conectan las áreas sensoriales y motoras. Las áreas de asociación se relacionan con memoria, emociones, razonamiento, voluntad, juicio, rasgos de la personalidad e inteligencia.

1.4 EL SISTEMA NERVIOSO AUTÓNOMO

El sistema nervioso autónomo (SNA) es la porción del sistema nervioso que regula la actividad del músculo liso, el músculo cardíaco

y ciertas glándulas. Desde el punto de vista funcional, por lo general opera sin control consciente.

El sistema se denomina originalmente autonómico debido a que los fisiólogos pensaban que funcionaba sin control del sistema nervioso central, y que era autónomo o autogobernado. En la actualidad se sabe que el sistema autónomo no es independiente del sistema nervioso central.

Está regulado por los centros en el cerebro, en particular por la corteza cerebral, el hipotálamo y la médula oblongada. Sin embargo, la vieja terminología ha permanecido.

El sistema nervioso autónomo regula las actividades viscerales y por lo general lo hace de manera involuntaria y automática. Los ejemplos de las actividades viscerales reguladas por el sistema nervioso autónomo son los cambios en el tamaño de la pupila, la acomodación para la visión cercana, la dilatación de los vasos sanguíneos, la adaptación de la frecuencia e intensidad del latido cardíaco, los movimientos del aparato digestivo y la secreción de la mayor parte de las glándulas. Estas actividades, por lo general no se encuentran bajo el control consciente, son automáticas.

El sistema nervioso autónomo consiste de dos divisiones principales: el simpático y el parasimpático. Muchos órganos inervados por el sistema nervioso autónomo reciben neuronas eferentes viscerales de ambos componentes del sistema autónomo –uno que se instala desde la división simpática; el otro desde la división parasimpática. En términos generales, los impulsos transmitidos por las fibras de una división estimulan el órgano para comenzar o aumentar la actividad, mientras que los impulsos de la otra división disminuyen la actividad del órgano.

1.4.1 EL SISTEMA SIMPÁTICO

En condiciones normales de reposo el simpático puede mantener el normal funcionamiento de los efectores autónomos doblemente inervados. Lo hace oponiéndose a los efectos de los impulsos parasimpáticos a estas estructuras. Por ejemplo, contrarrestando los impulsos parasimpáticos que tienden a retardar el corazón y debilitar su latido, los impulsos simpáticos funcionan para mantener la frecuencia y la fuerza normales del latido cardiaco.

La sección simpática también suele ejercer otra función importante. Dado que solo las fibras simpáticas inervan el músculo liso de las

paredes de los vasos sanguíneos, los impulsos simpáticos mantienen el tono normal de este músculo. Haciéndolo, el sistema simpático desempeña un papel crucial en el mantenimiento de la presión arterial en las condiciones normales.

Sin embargo, la principal función de la sección simpática es que sirve como sistema de "urgencia". Cuando nos damos cuenta de que la homeostasis del cuerpo esta amenazada, es decir, cuando estamos bajo estrés físico o psicológico, aumentan significativamente las señales que salen del simpático.

En realidad uno de los primerísimos pasos del complejo mecanismo de defensa del cuerpo contra el estrés es un repentino y marcado aumento de la actividad simpática, ello produce un grupo de respuestas que parten todas al mismo tiempo y que juntas colocan al cuerpo en disposición de gastar un máximo de energía para afrontar el máximo de ejercicio muscular necesario para resolver la amenaza percibida.

1.4.2 EL SISTEMA PARASIMPÁTICO

La división parasimpática se refiere sobre todo a las actividades que conservan y restablecen la energía corporal durante un momento de

reposo o de recuperación de cuerpo. Es un sistema de restablecimiento y conservación de la energía. Por ejemplo, en condiciones normales del cuerpo, los impulsos parasimpáticos de las glándulas digestivas y el músculo liso del aparato digestivo dominan sobre los impulsos simpáticos, de tal manera que los alimentos que aportan energía se puedan digerir y absorber por parte del cuerpo.

El sistema simpático no es esencial para la vida. Regula fundamentalmente la actividad catabólica y el gasto de energía. Frecuentemente sufre una descarga en bloque, como en la rabia y en el susto, respondiendo entonces todas las estructuras del organismo simultáneamente. El sistema parasimpático, por el contrario, es esencial para la vida y está organizado por descargas localizadas y moderadas y no por respuestas masivas. Controla esencialmente las funciones conservadoras y anabólicas.

1.4.3 LOS NEUROTRANSMISORES

Los neurotransmisores son sustancias químicas fabricadas por las neuronas a partir de aminoácidos, actúan sobre los receptores de la siguiente neurona, una fibra muscular o una célula glandular.

Existen numerosas sustancias que se conoce o se sospecha que son neurotransmisores en el cerebro. Estas sustancias puede facilitar, excitar o inhibir a las postsinápticas. Establecen las líneas de comunicación entre las células cerebrales y se localizan en áreas determinadas del cerebro.

Algunos de los neurotransmisores representativos son la acetilcolina, serotonina, noradrenalina y dopamina.

La acetilcolina es liberada por algunas uniones neuromusculares y neuroglandulares en la sinapsis entre ciertas células cerebrales y de la medula espinal; en la mayoría de las partes del cuerpo, la acetilcolina provoca excitación.

La serotonina se encuentra concentrada en las neuronas del núcleo de tallo cerebral; provoca excitación y se puede relacionar con la inducción del sueño, percepción sensitiva, regulación de la temperatura y control del estado de ánimo.

La noradrenalina se libera en algunas uniones neuromusculares y neuroglandulares, probablemente provoca excitación en la mayoría de

los casos. La noradrenalina se puede relacionar con el despertar, el sueño y regulación del estado de ánimo.

La dopamina se encuentra concentrada en la sustancia negra, provoca inhibición; tiene relaciones con las respuestas emocionales de los movimientos subconscientes de los músculos esqueléticos.

1.4.4 LOS RECEPTORES

Un método conveniente de clasificar receptores es por medio de su localización.

Los exteroceptores proporcionan información acerca del medio externo. Son sensibles a los estímulos externos del cuerpo y transmiten las sensaciones del oído, vista, olfato, gusto, tacto, presión, temperatura y dolor. Los exteroceptores se encuentran localizados en la superficie del cuerpo o cerca de ella.

Los propioceptores proporcionan información acerca de la posición y movimiento corporal. Dichas sensaciones nos dan información acerca de la tensión muscular, la posición y actividad de nuestras

articulaciones y del equilibrio. Estos receptores se localizan en músculos, tendones, articulaciones y en el oído interno.

Los viscerosensores o enterosensores, proporcionan información acerca del medio interno. Estas sensaciones se originan dentro del cuerpo y se pueden sentir como dolor, presión, fatiga, hambre, sed y náuseas. Los viscerosensores se localizan en los vasos sanguíneos o en los órganos viscerales.

La mayor parte de los efectores viscerales tienen una innervación dual; esto es, reciben fibras de ambas divisiones, simpática y parasimpática. En estos casos, los impulsos de una división estimulan las actividades del órgano, en tanto que los impulsos de la otra división las inhiben. La división estimulante puede ser simpática o parasimpática, dependiendo del órgano. Por ejemplo, los impulsos simpáticos aumentan la actividad cardíaca, en tanto que los impulsos parasimpáticos la disminuyen. Por otro lado, los impulsos parasimpáticos aumentan las actividades digestivas, en tanto que los impulsos simpáticos las inhiben. Las acciones de los dos sistemas se integran de manera cuidadosa para ayudar a mantener la homeostasis.

1.4.5 CONTROL DE LOS CENTROS SUPERIORES

El sistema nervioso autónomo se separa del sistema nervioso general. Aunque poco se sabe sobre los centros específicos en el cerebro que regulen las funciones autónomas específicas, se sabe que los axones de muchas partes del sistema nervioso central están conectados con las divisiones simpáticas y parasimpáticas del sistema nervioso autónomo y que así ejercen un control considerable sobre él.

El hipotálamo recibe impulsos procedentes de las áreas del sistema nervioso que participan en las emociones, las funciones viscerales, el olfato, el gusto, así como cambios en la temperatura y concentraciones de varias sustancias en la sangre. Desde el punto de vista anatómico, el hipotálamo está conectado a las divisiones simpáticas y parasimpáticas del sistema nervioso autónomo por medio de los axones de las neuronas, cuyas dendritas y cuerpos celulares se encuentran en los núcleos hipotalámicos.

Las porciones posterior y lateral del hipotálamo controlan la división simpática. Cuando se estimulan estas áreas, se presenta un incremento en las actividades viscerales; en la frecuencia cardíaca y en la fuerza del latido; un aumento en la presión sanguínea debida a la

constricción de los vasos sanguíneos, un aumento en la frecuencia y profundidad de la respiración, dilatación de las pupilas e inhibición del aparato digestivo.

Por otro lado, las porciones anterior e interna del hipotálamo controlan la división parasimpática. La estimulación de estas áreas da por resultado una disminución en la frecuencia cardíaca, reducción de la presión sanguínea, constricción de las pupilas y aumento en la secreción y motilidad del aparato gastrointestinal.

El control del sistema nervioso autónomo por medio de la corteza cerebral se presenta sobre todo en las tensiones emocionales. En un caso de angustia extrema, la cual puede ser el resultado de estimulación consciente o inconsciente de la corteza cerebral, la corteza puede estimular al hipotálamo como parte del sistema límbico.

Esto, por su parte, estimula a los centros cardíacos y vasomotor de la médula oblongada, la cual aumenta la frecuencia cardíaca y la fuerza del latido así como la presión sanguínea. Si la corteza se estimula por medio de la audición de malas noticias o la experiencia de una visión extremadamente desagradable, la estimulación causa dilatación de los vasos sanguíneos, disminución de la presión de la sangre y desmayo.

La evidencia de un control incluso más directo de las vísceras se brinda por los datos procedentes de los estudios de biorretroalimentación.

1.5 EL SISTEMA ENDOCRINO

Participan dos sistemas reguladores en la transmisión de los mensajes y la correlación de diferentes funciones corporales: el sistema nervioso y el sistema endocrino. El sistema nervioso controla la homeostasis a través de los impulsos que se liberan por vía de las neuronas. El sistema endocrino afecta las actividades corporales al liberar los mensajeros químicos, denominados hormonas, hacia el torrente sanguíneo. Mientras que el sistema nervioso envía mensajes a un grupo específico de células (fibras musculares, células glandulares u otras neuronas) el sistema endocrino, como un todo, envía mensajes a las células prácticamente en cualquier parte del cuerpo.

El sistema nervioso hace que el músculo se contraiga o se relaje y las glándulas secreten más o menos su producto; el sistema endocrino evoca cambios en las actividades metabólicas de casi todos los tejidos del cuerpo. Así el sistema endocrino no sólo ayuda a regular la

actividad del músculo liso y cardiaco y algunas glándulas, sino que afecta de una manera significativa prácticamente todos los tejidos.

Obviamente, el cuerpo no podría funcionar si los dos grandes sistemas de control no funcionaran en direcciones opuestas. El sistema nervioso y el endocrino coordinan sus actividades como un sistema de enlace. Ciertas partes del sistema nervioso estimulan o inhiben la liberación de las hormonas, y ciertas hormonas, por su parte, son capaces de estimular o inhibir el flujo de los impulsos nerviosos.

1.5.1 LAS GLÁNDULAS ENDOCRINAS

Las glándulas endocrinas constituyen el sistema endocrino. El cuerpo contiene dos tipos de glándulas: exocrinas y endocrinas. Las glándulas exocrinas secretan sus productos a los conductos y éstos llevan las secreciones a las cavidades corporales, hacia la luz de diversos órganos o hacia la superficie del cuerpo. Las glándulas exocrinas incluyen las glándulas sudoríparas (producen sudor), glándulas sebáceas (oleosas), mucosas y digestivas.

Las glándulas endocrinas, por su parte, secretan sus productos (hormonas) al espacio extracelular alrededor de las células

secretorias, más que hacia los conductos. La secreción entonces pasa hacia los capilares para que se transporten en la sangre. Las glándulas endocrinas del cuerpo incluyen la hipófisis, la paratiroides, la tiroides, las suprarrenales, la pineal (epífisis cerebral) y el timo.

Además, hay varios órganos del cuerpo que contienen tejido endocrino pero que no son exclusivamente glándulas endocrinas. Estas incluyen el páncreas, los ovarios, los testículos, los riñones, el estómago, el intestino delgado, la piel, el corazón y la placenta.

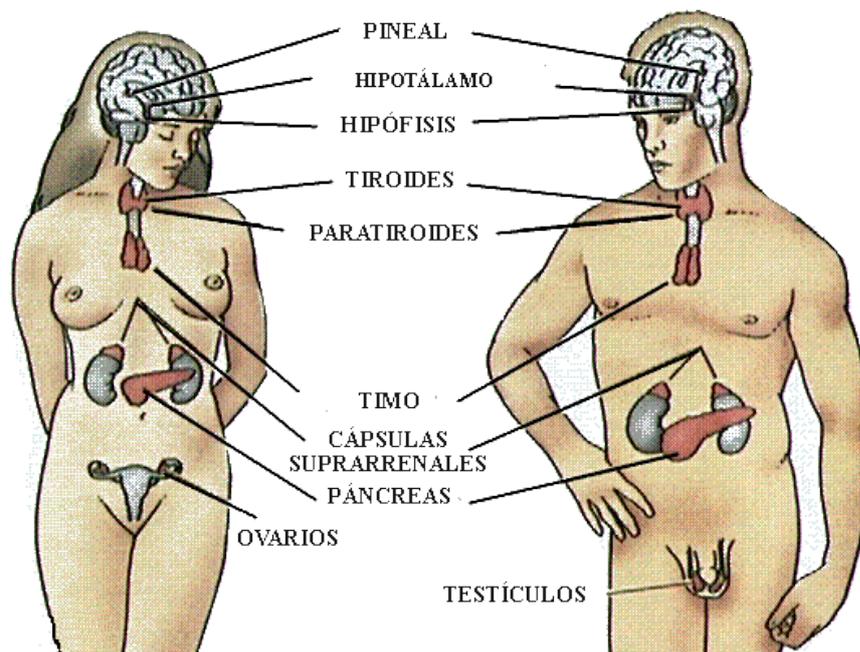


Figura 1.4 Localización de las glándulas endocrinas
Tomada de <http://www.arrakis.es/~lluengo/endocrino.html>

1.5.2 LAS HORMONAS

Las secreciones de las glándulas endocrinas se llaman hormonas (hormone = que se mueve). Los efectos de las hormonas son muchos y variados, su acción se puede categorizar en cinco grandes áreas:

1. Ayudan a controlar el ambiente interno por medio de la regulación de la composición química y el volumen.
2. Responden a cambios marcados en las condiciones ambientales para ayudar al cuerpo a enfrentarse con las demandas de urgencia como son infección, traumatismo, situación de estrés, deshidratación, hemorragia y temperaturas extremas.
3. Asumen un papel en la integración secuencial del crecimiento y el desarrollo.
4. Contribuyen al proceso básico de reproducción, incluyendo la producción de los gametos (huevo y espermatozoide), fertilización, nutrición del embrión y del feto, parto y crianza del recién nacido.
5. Ayudan a regular el metabolismo orgánico y el balance energético.

El aspecto que todas las hormonas tienen en común, es que funcionan para mantener la homeostasis por medio del cambio del índice de las actividades fisiológicas de las células.

La cantidad de hormonas liberadas por una glándula endocrina o tejido está determinada por las necesidades del cuerpo con relación a la hormona en un momento dado.

Se puede considerar el hipotálamo, como el centro nervioso "director" y controlador de todas las secreciones endocrinas, el hipotálamo segrega neuro hormonas que son conducidas a la hipófisis. Estas hormonas son transportadas a la sangre para estimular a las glándulas correspondientes (tiroides, corteza suprarrenal, y gónadas) y serán éstas las que segreguen diversos tipos de hormonas (tiroxina, corticosteroides y hormonas sexuales, respectivamente), que además de actuar en el cuerpo, retroalimentan la hipófisis y el hipotálamo para inhibir su actividad y equilibran las secreciones respectivas de estos dos órganos y de la glándula destinataria.

1.5.3 LA HIPÓFISIS

Las hormonas de la glándula hipófisis, también denominada glándula pituitaria, regulan las diferentes actividades del cuerpo; a la glándula hipófisis se le ha denominado la glándula maestra. El más importante de los roles de esta glándula es el de dirigir, mediante hormonas de acción indirecta, el funcionamiento de las demás glándulas

endocrinas, actuando como la directora de la "orquesta endocrina". No obstante la importancia de sus funciones, es la más pequeña de las glándulas endocrinas conocidas. Es una estructura redondeada que mide 1.3 centímetros de diámetro. La glándula hipófisis se encuentra en la silla turca del hueso esfenoides y está unida al hipotálamo.

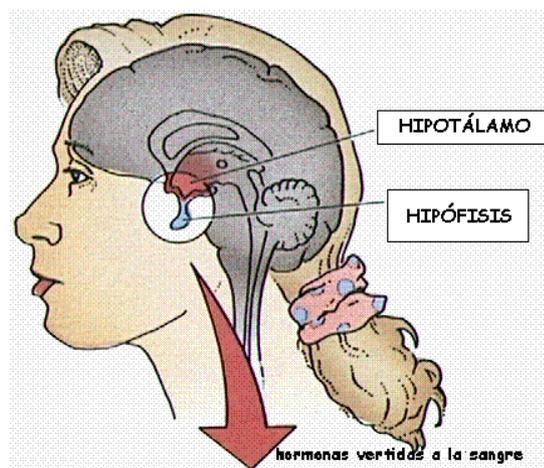


Figura 1.5 Localización de la glándula Hipófisis
Tomada de <http://www.arrakis.es/~lluengo/endocrino.html>

La glándula hipófisis está dividida desde el punto de vista estructural y funcional en lóbulo anterior y lóbulo posterior. Ambos están íntimamente relacionados con el hipotálamo, solamente el lóbulo posterior esta conectado neuralmente al hipotálamo.

El lóbulo anterior de la hipófisis libera las hormonas que regulan una gran cantidad de actividades corporales desde el crecimiento hasta la

reproducción. Cada vez que el lóbulo anterior de la hipófisis recibe un estímulo apropiado del hipotálamo, segrega una hormona llamada adrenocorticotropina que estimula la secreción de hormonas en la corteza suprarrenal

El lóbulo posterior en sentido estricto, no es una glándula endocrina puesto que no sintetiza hormonas. En lugar de ello, almacena y libera dos hormonas, la oxitocina y la vasopresina o ADH, que realmente son sintetizadas por el hipotálamo y se almacenan aquí.

1.5.4 LAS GLÁNDULAS SUPRARRENALES

Cada glándula suprarrenal se localiza inmediatamente por arriba del riñón correspondiente (figura 1.6) y se diferencia estructural y funcionalmente en dos partes: la corteza suprarrenal externa a la que corresponde la mayor parte de la glándula y médula suprarrenal interna.

Mientras la corteza suprarrenal se deriva del mesodermo en el embrión en desarrollo, la médula suprarrenal se deriva del ectodermo. Puesto que sus orígenes son diferentes, también producen diferentes hormonas.

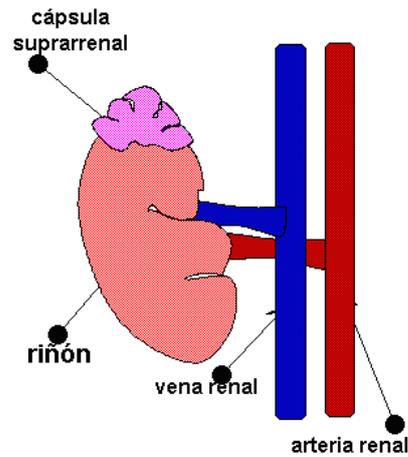


Figura 1.6 Localización de la glándula suprarrenal

1.5.4.1 LA CORTEZA SUPRARRENAL

La corteza suprarrenal está formada por tres capas tal como se muestra en la Figura 1.7 y cada una de ellas segrega diversas sustancias hormonales.

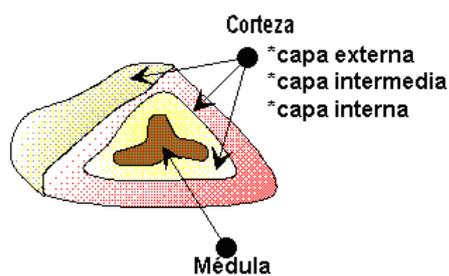


Figura 1.7 Capas que conforman la glándula suprarrenal
Tomadas de <http://www.arrakis.es/~lluengo/endocrino.html>

La capa más externa segrega los mineralocorticoides, que regulan el metabolismo de los iones. Entre ellos destaca la aldosterona, cuyas funciones más notables son facilitar la eliminación de potasio, la elevación de la tensión arterial, la retención de agua y sodio.

La capa más interna, segrega andrógeno corticoides, que están íntimamente relacionados con los caracteres sexuales. Se segregan tanto hormonas femeninas como masculinas, que producen su efecto fundamentalmente antes de la pubertad para, luego, disminuir su secreción.

La capa intermedia elabora los glucocorticoides. Estos son un grupo de hormonas que guardan relación con el metabolismo normal y la resistencia al estrés. El cortisol, corticosterona y cortisona son tres glucocorticoides, de los tres, el cortisol es el más abundante del organismo y es el responsable de cerca del 95 por ciento de la actividad glucocorticoide.

Los glucocorticoides tienen los siguientes efectos en el cuerpo:

- Junto con otras hormonas, participan en la regulación del metabolismo normal, teniendo como función la de que haya

energía suficiente disponible. A tal efecto, aumentan la velocidad con que se catabolizan las proteínas y se extraen aminoácidos de las células, en especial las musculares, y se transportan al hígado.

- Los glucocorticoides tienen diversas funciones en la resistencia al estrés. El aumento súbito en la glucosa disponible, como resultado de la gluconeogénesis a partir de aminoácidos hace que el organismo esté “más alerta”. La glucosa adicional constituye una fuente de energía que permite al cuerpo hacer frente a factores muy diversos que causan estrés.
- Los glucocorticoides son compuestos anti-inflamatorios que inhiben las células y las secreciones que participan en la inflamación. Las dosis altas de glucocorticoides provocan atrofia de vaso y ganglios linfáticos, por lo que originan disminución de las respuestas inmunitarias.

1.5.4.2 LA MÉDULA SUPRARRENAL

Las dos hormonas principales que sintetiza la médula suprarrenal son la adrenalina y noradrenalina, de las cuales corresponde a la primera un 80 por ciento de la secreción total de la médula suprarrenal,

además de que sus efectos son mas potentes que los de la noradrenalina.

Tanto la adrenalina como la noradrenalina producen efectos que se asemejan a los que desencadena la porción simpática del sistema nervioso autónomo.

Son en gran medida causantes de la respuesta de lucha o huida y, al igual que los glucocorticoides participan en la resistencia al estrés. Sin embargo, se diferencian de las hormonas corticales en que no son indispensables para la vida.

En situaciones de estrés, los impulsos provenientes del hipotálamo se transmiten y causan aumento en la secreción de adrenalina y noradrenalina. La primera de estas dos incrementa la presión sanguínea al acelerar la frecuencia cardíaca y constreñir los vasos sanguíneos, además de que acelera la frecuencia respiratoria, dilata las vías respiratorias, desacelera la digestión, estimula el metabolismo a nivel celular, aumenta la eficacia de las contracciones musculares y la concentración de glucosa en la sangre

CAPÍTULO 2

2. EL ESTRÉS

La palabra estrés se deriva del griego *stringere*, que significa provocar tensión. Esta palabra se utilizó por primera vez en el siglo XIV y a partir de entonces se empleó en diferentes textos en inglés como STRESS, STRESSE, STREST y STRAISSE.

En forma simplista, el estrés es a veces definido como una condición meramente muscular: "es una rigidez o endurecimiento de los músculos y del tejido conjuntivo que excede del tono necesario para su funcionamiento normal". Sin embargo es mucho más que eso.

El estrés es una respuesta importante. El Dr. Hans Selye, pionero en las investigaciones sobre el estrés, lo define como "una respuesta corporal no específica ante cualquier demanda que se le haga al organismo (cuando la demanda externa excede los recursos disponibles). Esta respuesta es parte normal de la preparación del organismo para el enfrentamiento o para la huida. Así, por ejemplo,

las pupilas se agrandan para mejorar la visión y el oído se agudiza, los músculos se tensan para responder al desafío, las frecuencias cardíaca y respiratoria aumentan de manera que la sangre es bombeada en forma más abundante y rápida para aumentar la llegada de oxígeno a las células y favorecer la demanda de las respuestas al peligro. Para ello la sangre es dirigida a áreas prioritarias, como lo son corazón, pulmones, riñones, hígado, músculos grandes y el cerebro. Funciones no prioritarias en ese momento, como la digestión y circulación periférica son disminuida en forma dramática.

En línea con la anterior definición, la Organización Mundial de la Salud (O.M.S.) postula que el estrés es "el conjunto de reacciones fisiológicas que prepara al organismo para la acción". Para Richard Lazarus (1966) sería "el resultado de la relación entre el individuo y el entorno, evaluado por aquél como amenazante, que desborda sus recursos y pone en peligro su bienestar".

El estrés puede considerarse como una reacción física y emocional compleja. El Dr. Selye identifica 3 fases en el estrés: (1) se da una reacción de alarma en respuesta a un factor de tensión que activa el sistema nervioso autónomo, (2) la fase de resistencia ocurre mientras el cuerpo se aclimata y ajusta al factor de estrés, y (3) la fase de

fatiga, si la tensión persiste por mucho tiempo, agregándose factores residuales que pueden llevar a la enfermedad y hasta la muerte.

Los mecanismos homeostáticos se dirigen hacia contrarrestar el estrés cotidiano. Si son exitosos, el ambiente interno mantiene los límites fisiológicos normales de química, temperatura y presión. Si el estrés es extremo, fuera de lo común o demasiado prolongado, los mecanismos normales pueden ser insuficientes. En este caso el estrés desencadena una serie de cambios corporales que reciben el nombre de síndrome de adaptación general.

A diferencia de los mecanismos homeostáticos, el síndrome de adaptación general no mantiene un ambiente interno normal. Sucede lo contrario, de tal manera la presión sanguínea y la concentración de azúcar en la sangre aumenta por arriba de lo normal. El propósito de estos cambios en el ambiente interno es preparar al cuerpo para una emergencia.

2.1 TIPOS DE ESTRÉS

En la experiencia humana, el estrés puede clasificarse en dos categorías según su incidencia: agudo (transitorio) y crónico (de larga

duración o recurrente). Tanto el estrés agudo como el crónico pueden ser también anticipatorios. El estrés anticipatorio esta asociado a la capacidad de una persona para prever momentos o períodos de tensión o peligro.

- **Estrés Agudo.** Se produce cuando un individuo experimenta una situación de peligro inminente (en la nomenclatura médica, el concepto “agudo” hace referencia a toda dolencia que se manifiesta de un modo rápido y remite en poco tiempo). La amenaza es percibida en primer lugar por la mente, e instantes después el cuerpo reacciona.

Desde el punto de vista psicológico, es habitual sentir miedo o angustia, aunque el estrés agudo no tiene porque estar siempre asociado al temor; en ocasiones implica sentimientos de frustración, enojo o impotencia al ver malogrados nuestros propósitos.

Cuando el origen del estrés agudo desaparece se regresa a un estado físico y psíquico normal. Dado que se manifiesta solo esporádicamente no representa en ningún caso una amenaza a largo plazo para la salud.

- **Estrés Crónico.** Cuando el estrés se prolonga durante un largo período se lo conoce como “crónico” (en la nomenclatura médica, el termino “crónico” hace referencia a toda dolencia que perdura en el tiempo).

El estrés crónico puede aparecer como resultado de la concatenación de diversos acontecimientos estresantes, o bien a consecuencia de una sola situación que no se resuelve.

Aunque el estrés agudo ocasional no entraña riesgo alguno para la salud, vivir en condiciones estresantes durante un período de tiempo prolongado puede resultar muy pernicioso.

Es muy aconsejable poner en práctica las técnicas de control del estrés en cuando se detectan los primeros síntomas de estrés crónico, esto puede evitar que una dolencia llegue a ser dañina. La practica habitual de alguna técnica de relajación profunda esta muy indicada en estos casos.

- **Estrés Anticipatorio.** Puede ser tanto agudo como crónico, de tal forma que quienes lo padecen pueden presentar cualquiera de los síntomas emocionales, conductuales o físicos propios de ambos.

La principal característica de este tipo de estrés es que el individuo aun no se encuentra en una situación estresante. El estrés anticipador es fruto de la capacidad humana para almacenar experiencias pasadas (puede aparecer como reacción a las mismas) e imaginar escenas futuras.

2.2 FISILOGÍA DEL ESTRÉS

El hipotálamo se puede llamar el perro guardián del cuerpo. Tiene sensores que detectan los cambios en la química, la temperatura y la presión de la sangre. Está informado de las emociones a través de los haces que lo conectan con los centros emocionales de la corteza cerebral.

Cuando el hipotálamo siente estrés, inicia una cadena de reacciones que producen el síndrome de adaptación general. Los estímulos que producen este síndrome se llaman estresores. El estresor puede ser cualquier alteración, calor o frío, tóxicos ambientales, tóxicos derivados de las bacterias durante una infección, hemorragia masiva de una herida o cirugía o una fuerte reacción emocional.

Las situaciones generadoras de estrés difieren de una a otra persona e incluso en la misma persona son diferentes en un momento determinado.

Las diferentes reacciones fisiológicas del cuerpo humano dependen del tipo de estrés, por esto describiremos las reacciones al estrés agudo como al crónico.

2.2.1 FISIOLÓGÍA DEL ESTRÉS AGUDO

La reacción del cuerpo frente al estrés agudo tiene lugar en forma de una compleja cadena de alteraciones físicas, en las que también intervienen el cerebro y las glándulas suprarrenales.

El cerebro evalúa una situación y en caso de considerarla estresante activa la liberación de las “hormonas del estrés”. Cuando la respuesta corporal al estrés se desencadena, la rama simpática del sistema nervioso autónomo (que dispone al cuerpo para la acción) entra en juego.

El hipotálamo estimula la hipófisis para liberar hormonas que activan las glándulas suprarrenales. Éstas liberan 3 hormonas: adrenalina y

noradrenalina (conocidas como catecolaminas) y cortisol. La adrenalina y el cortisol proporcionan al organismo una fuente de energía para hacer frente a la situación y la noradrenalina estimula las terminales nerviosas e inicia en el organismo un estado de alerta.

El efecto combinado de las tres hormonas da lugar a las siguientes reacciones:

- Los sentidos entran en un estado de alerta: las pupilas se dilatan y el oído se agudiza. Estos cambios permiten al cuerpo percibir con rapidez las situaciones de peligro y reaccionar lo antes posible ante ellas.
- La respiración se acelera al tiempo que los pulmones absorben mas oxígeno y se liberan mas glóbulos rojos para transportar por todo el cuerpo esa cantidad extra de oxígeno.
- El pulso se acelera, los latidos del corazón se intensifican y la presión sanguínea aumenta. Estos cambios aceleran el flujo de sangre oxigenada hacia los músculos (muy necesaria, puesto que para general energía se precisa oxígeno).

- Los músculos se tensan preparando el cuerpo para la acción
- La sangre rica en oxígeno se desvía desde lugares donde no es necesaria con urgencia (por ejemplo el aparato digestivo) hacia los músculos de todo el cuerpo incluido el corazón, donde se requiere un mayor aporte energético.
- La glucosa y las grasas se vierten en el flujo sanguíneo para proporcionar más energía.
- Aumenta la producción de sudor. Esta respuesta disminuye la temperatura corporal que aumenta al ocurrir lo propio con la circulación y la catabolia. La sudoración abundante también sirve para eliminar los desechos producidos como resultado de la aceleración de la catabolia.
- Funciones corporales no esenciales, como las reacciones del sistema inmunitario y la digestión se interrumpen temporalmente. Estos cambios permiten al cuerpo destinar todos sus recursos para hacer frente a la amenaza.

- Las endorfinas, que son calmantes naturales del dolor, se vierten en la sangre para retardar la sensación de malestar.

Pasado el momento de estrés, el sistema nervioso parasimpático (encargado del mantenimiento y el restablecimiento) entra en acción y libera una sustancia química llamada acetilcolina. La acción de esta sustancia relaja el cuerpo al disminuir el ritmo cardiaco, estimular la salivación para facilitar la digestión y reducir la cantidad de aire que absorben los pulmones.

2.2.2 FISIOLÓGÍA DEL ESTRÉS CRÓNICO

El doctor Hans Selye llevo a cabo las primeras investigaciones acerca de la relación del estrés agudo y el crónico, y en 1946 propuso del “síndrome general de activación”.

Sugirió que existen tres fases en la reacción al estrés. En primer lugar aparece la respuesta aguda o “fase de alarma” en la cual las glándulas suprarrenales liberan las hormonas asociadas al estrés como parte de la reacción de “lucha o huida”

En segundo término tiene lugar la “fase de resistencia”, en la que a todas las respuestas físicas de la etapa anterior se suma el desafío al que se ve sometido el sistema inmunitario.

En tercer y último lugar se produce el “agotamiento” o conjunto de respuestas físicas al que en ocasiones se le hace referencia como “extinción” en el que el bienestar total del individuo (mental, Emocional, conductual y físico) se ve comprometido.

El estrés agudo atraviesa las fases de alarma y por un corto lapso de tiempo la fase de resistencia. Mientras tanto en el estrés crónico la fase de resistencia es muy intensa o de duración prolongada, con lo cual si el cuerpo “cede” ante la situación, se pasa fácilmente a la etapa de agotamiento.

Cuando el organismo está afectado por el estrés crónico, se ve sometidos a esfuerzos considerables, en particular el corazón, vasos sanguíneos y corteza suprarrenal; en cuyo caso es factible que estos órganos no puedan hacer frente a las necesidades o presenten disfunción repentina ante el esfuerzo que deben realizar.

El estrés crónico provoca que las glándulas suprarrenales generen una secreción excesiva de cortisol que puede ser perjudicial. Experimentos clínicos han demostrado que si el cuerpo está sometido a niveles elevados de cortisol durante un largo periodo de tiempo, el sistema inmunitario se debilita, las reservas disminuyen y la memoria se ve afectada. Los niveles elevados de cortisol pueden también estar asociados a ciertos problemas psicológicos y emocionales.

Las implicaciones de estos descubrimientos son importantes, pues si una persona puede controlar el estrés con mayor eficacia, podrá así mismo preservarse de las enfermedades.

2.3 CAUSAS Y CONSECUENCIAS

Todos los días nos enfrentamos con algún desafío. En el hogar, en el trabajo, incluso en los momentos de ocio, nos encontramos con una serie de demandas extraordinarias para nuestras mentes y nuestros cuerpos.

El estrés es un estado de excitación, gracias al cual el cuerpo reacciona ante esas exigencias. No podemos vivir sin estrés, ya que esos desafíos se presentan permanentemente. Y por muy diversas

que puedan ser las fuentes que originan el estrés, por muy variables que sean los niveles de estrés que experimentamos, el mecanismo que registra la excitación y que nos ayuda a afrontar todos los desafíos que se nos plantean, es algo que todos los seres humanos tenemos en común. Respondemos a los retos espontáneamente, con rapidez y eficacia. Cuando percibimos por primera vez el desafío, se da una reacción en cadena de los procesos fisiológicos que desata instantáneamente la energía y la fuerza necesaria para prepararnos a luchar o a huir.

En el comienzo de nuestra historia evolutiva la capacidad de utilizar esta reacción de huida o lucha era lo que marcaba la diferencia entre morir y seguir viviendo. Incluso hoy en día es necesaria en ciertas situaciones pues nos permite satisfacer demandas extraordinarias de la mejor manera posible. Los reflejos, gracias a los cuales, la mente y el cuerpo se disponen a correr una carrera, a actuar en público, o a cumplir un plazo, son idénticos a aquellos que ayudaban a nuestros antepasados a hacer frente a los ataques de los animales salvajes o de las tribus enemigas.

Las causas del estrés han cambiado enormemente, pero la primitiva respuesta del ser humano ante ellas ha permanecido inalterada. La

civilización ha creado nuevas presiones, que ponen a prueba nuestra capacidad de sobrevivir. El empleo de esta facultad física ya no sirve para enfrentarse a las situaciones estresantes de la vida cotidiana en el mundo moderno; por tanto, muchas veces el cuerpo no da la respuesta adecuada a estos problemas. Ello no resulta perjudicial en sí mismo, siempre y cuando podamos liberar la energía y la tensión generada por la reacción de lucha o huida.

Sin embargo, a menudo nos enfrentamos, de manera continua, con situaciones que excitan inconscientemente nuestro organismo, acumulando energía que luego no utilizamos. La presión física se acumula y, a la larga, puede llevar al agotamiento y a la enfermedad.

Para evitar este tipo de situaciones, tenemos que aprender a liberar la presión (por ejemplo practicando ejercicios) o a "apagar" la reacción de excitación, adoptando una técnica de relajación consciente. El momento en el cual la excitación positiva y administrable se convierte en un exceso de estrés poco saludable no es el mismo para todos los seres humanos. La personalidad, el comportamiento, y la manera de vivir influyen en el nivel de estrés. El estrés se acumula, por medio de emociones, como la agresión, la impaciencia, la ira, la ansiedad, y el

miedo, emociones que desencadenan la reacción del organismo ante el estrés.

Una dieta poco saludable, el tabaco, las bebidas alcohólicas y las drogas también pueden ayudar a incrementar las tensiones físicas. El estrés puede surgir de situaciones en el trabajo, en la casa, en las relaciones, puede ser el resultado de conflictos emotivos internos, del entorno, de la dieta, de la mala salud, de los apuros económicos y de ciertas situaciones importantes en la vida de un ser humano: los partos, los fallecimientos, el matrimonio, el divorcio, o la enfermedad crónica de un familiar.

Aunque las consecuencias más graves ocasionadas por el estrés son los cardiovasculares, el desajuste puede afectar a otros muchos sistemas del organismo. Esto se debe a que la respuesta al estrés está regulada por el Sistema Nervioso Autónomo y el Sistema Endocrino y estos sistemas son los encargados de activar la totalidad de las funciones fisiológicas. Es por esto por lo que una sobrecarga en la actividad del Sistema Endocrino y del Sistema Nervioso Autónomo tiene consecuencias en muchas de las funciones vitales aunque no llegue a producir un trastorno. A continuación ofrecemos

una relación de los principales trastornos fisiológicos que se pueden producir como consecuencia del estrés.

2.3.1 PRINCIPALES TRASTORNOS SICOFISIOLÓGICOS

Debido a las reacciones fisiológicas que causa el estar sometido a estrés, se producen diversos trastornos. En el listado de trastornos causados por estrés que se presenta a continuación se los clasificó por grupos: cardiovasculares, respiratorios, gastrointestinales, musculares, dermatológicos, sexuales, endocrinos e inmunológicos.

Trastornos Cardiovasculares:

- Hipertensión Esencial
- Enfermedad Coronaria
- Taquicardia
- Arritmias cardíacas episódicas
- Cefaleas Migrañosas

Trastornos Respiratorios:

- Asma Bronquial.
- Síndrome de Hiperventilación

- Alteraciones Respiratorias
- Alergias

Trastornos Gastrointestinales:

- Úlcera péptica
- Dispepsia funcional
- Síndrome de colon irritable
- Colitis Ulcerosa

Trastornos Musculares:

- Tics, Temblores y contracturas.
- Alteración de reflejos musculares.
- Lumbalgias
- Cefaleas tensionales.

Trastornos Dermatológicos:

- Prurito
- Eccema
- Acné
- Soriasis

Trastornos Sexuales:

- Impotencia
- Eyaculación Precoz.
- Coito Doloroso
- Vaginismo.
- Disminución del deseo

Trastornos Endocrinos:

- Hipertiroidismo.
- Hipotiroidismo

Trastornos Inmunológicos:

- Inhibición del sistema inmunológico

2.4 TÉCNICAS PARA CONTROLAR EL ESTRÉS

Aprender a reconocer y controlar el estrés es una habilidad esencial en la vida. Las personas que mejoran su resistencia al estrés o que son capaces de superar sus efectos tienden a estar emocional y físicamente más sanas que aquellas que se sienten estresadas gran parte del tiempo y creen que no pueden cambiar sus circunstancias.

Algunas de las técnicas más eficaces para controlar el estrés son, por ejemplo llevar una dieta equilibrada, practicar ejercicio físico con regularidad, aprender técnicas de relajación.

Entre los principales métodos para llegar a un estado de relajación tenemos la meditación, el uso de equipos inductores y la biorretroalimentación.

2.4.1 LA MEDITACIÓN

La meditación es beneficiosa tanto física como psicológicamente, se recurre a ella principalmente para aliviar el estrés y fomentar la relajación. Estimula la agudeza mental en un estado de sosiego, lo cual permite observar los propios pensamientos y actitudes y, por consiguiente, lograr una sensación de equilibrio.

La persona que la practica se concentra en el momento presente, lo que hace de la meditación una técnica muy adecuada para personas estresadas que pueden sentirse bloqueadas por planes, responsabilidades y apremios, o abrumadas por experiencias negativas pasadas.

Las investigaciones científicas sobre la meditación indican que puede modificar respuestas fisiológicas. El consumo de oxígeno y la producción de bióxido de carbono disminuyen en forma considerable, y en algunos sujetos también se reducen el índice metabólico y la presión sanguínea. Los investigadores también han observado reducción de la frecuencia cardíaca, aumento en la intensidad de las ondas alfa cerebrales, disminución abrupta de las concentraciones de ácido láctico en la sangre y aumento de la resistencia eléctrica de la piel, que son respuestas características de la relajación mental. Las ondas alfa están presentes en los electroencefalogramas de casi todos los individuos despiertos pero en reposo, y desaparecen durante el sueño.

Algunos investigadores han llamado respuesta integrada a este conjunto de cambios que, en lo esencial, son un estado de hipometabolismo a causa de la inactivación de la porción simpática del sistema nervioso autónomo. Esta respuesta es precisamente opuesta a la de lucha o huida, que consiste en la hiperactividad simpática. La existencia de la respuesta integrada hace suponer que el sistema nervioso central ejerce e cierta regulación sobre el autónomo.

Existen varias técnicas para despojar la mente de pensamientos estresantes y fomentar la tranquilidad. Entre las más conocidas figura la meditación de respiración consciente, la meditación Zazen, la meditación mantra y la meditación visual.

- **Meditación de respiración consciente.** Una de las técnicas de meditación más antiguas es la que se concentra en el flujo de la respiración hacia y desde el cuerpo.
- **Meditación Zazen.** La meditación Zazen no tiene más propósito que ser consciente de la propia mente y de los pensamientos que esta genera. Pero, en lugar de sumergirse en los pensamientos, el Zazen incita a tomar conciencia de ellos sin ningún tipo de implicación; no debemos participar en ellos, valorarlos ni intentar eliminarlos, solo dejarlos fluir.
- **Meditación Mantra.** Un mantra es una palabra o frase sagrada que entona repitiéndola una y otra vez. La repetición de un mantra al parecer produce una “resonancia vibratoria” que libera su poder cuando la actitud mental es la adecuada. Aunque originalmente se utilizaban para alcanzar la iluminación espiritual, hoy se

emplean para ayudar a concentrar la mente y detener la intrusión de pensamientos estresantes.

- **Meditación Visual.** En la meditación a menudo se utilizan imágenes simbólicas y objetos como foco de concentración de la mente. Al igual que los mantra, la mayoría de las imágenes empleadas en meditación tiene un origen religioso o espiritual.

2.4.2 EQUIPO INDUCTOR DE ONDAS ALFA Y DELTA

Se ha comprobado científicamente que los estados mentales tales como miedo, tristeza, amor, agresividad están asociados a una específica actividad eléctrica y química del cerebro. Esta actividad puede ser altera y controlada mediante estímulos externos incluyendo sonidos y luces. Existen dispositivos que pueden dirigir estos estímulos hacia áreas concretas del cerebro y producir estados mentales específicos como: euforia, concentración, creatividad, relajación, somnolencia y sueño profundo.

El dispositivo expuesto en este capítulo tiene la capacidad de inducir en el usuario estados de relajación y sueño profundo mediante la estimulación con señales visuales y de audio en frecuencia alfa y delta

2.4.2.1 PROCESO DEL PENSAMIENTO (FUNDAMENTO NEUROQUIMICO)

La neurona está formada de un cuerpo y de prolongaciones cortas llamadas dendritas y una larga denominada axón.

La zona de contacto entre una neurona y una prolongación se llama sinapsis, y es en lugar donde se transmite la información en forma de un impulso electroquímico a través de sustancias mensajeras llamadas neurotransmisores (así se procesa el pensamiento), las cuales están acumuladas como vesículas en el botón sináptico.

Cuando la neurona envía una carga eléctrica, los neurotransmisores son liberados de las vesículas, cruzan el espacio sináptico e interactúan con los receptores de las neuronas contiguas, donde alteran la membrana celular, generando un potencial eléctrico que se transmite al cuerpo de la neurona, provocando una respuesta de “encendido” o “apagado”.

Los neurotransmisores provocan cambios de excitabilidad en la neurona contigua, actúan en milisegundos y no se liberan a la corriente sanguínea. Estas características las hacen diferentes de las hormonas, que se liberan en la sangre, actúan en sitios distantes

(órganos, glándulas) y necesitan de segundos u horas para alcanzar su objetivo.

Se puede decir que los neurotransmisores actúan como “palabras”. Pensar, sentir y actuar no es posible sin ellos.

2.4.2.2 LAS ONDAS CEREBRALES

Nuestro cerebro es un generador de procesos electroquímicos. Como si de estaciones de radio se tratara, emite impulsos eléctricos a diferentes frecuencias y amplitudes.

Cada una de estas frecuencias tiene distintos efectos sobre la atención, la conducta y las emociones, además trabajan mancomunadamente con sustancias “compensatorias” llamadas neurotransmisores.

Supongamos que una parte de nuestro cerebro está transmitiendo a una elevada frecuencia, si esta transmisión suprime o interfiere otras, igualmente importantes, que se estén produciendo de manera simultánea en otras partes del cerebro, se originará un desequilibrio en

los procesos neuroquímicos o neuroeléctricos cerebrales que repercutirá en nuestro equilibrio homeostático.

Las ondas cerebrales recogidas por el EEG procedentes del córtex cerebral, son reflejo de la actividad neuroquímica en las estructuras más profundas. Estas ondas cerebrales han sido clasificadas en estos niveles en base a su frecuencia.

Hans Berger, siquiatra alemán, introdujo en la segunda década del siglo XX la electroencefalografía como método de estudio de la actividad eléctrica cerebral. En el año de 1929 descubrió y registró las primeras ondas, de frecuencia cercana a los 8 ciclos por segundo.

Por ser las primeras en registrar les dio el nombre de Alfa. Posteriormente registró las ondas Beta, Theta y Delta, cuya diferencia fundamental es la frecuencia, medida en ciclos por segundo.

Estas ondas indican dos cosas: por una parte reflejan la actividad cerebral y por otra son un indicio del estado físico-mental en que se encuentra la persona, si es de vigilia o de sueño mas o menos profundo; si de tranquilidad o excitación más o menos intensa; si goza

de un perfecto estado de salud o está aquejada de algún tipo de enfermedad.

Sabido es, por otra parte, que la mente y el cuerpo se encuentran relacionados de tal manera que las alteraciones fisiológicas que afectan el cuerpo tienen su repercusión en el estado mental y viceversa.

2.4.2.3 CLASIFICACIÓN DE LAS ONDAS CEREBRALES

Las principales ondas que se pueden reconocer en un encefalograma son:

- **Ondas Beta.** Entre 15 y 30 Hz (Hemisferio cerebral izquierdo). Cuando la corteza cerebral emite ondas Beta es cuando ocurren los estados de atención consciente (caracterizado por el análisis, la lógica) y a la vez el sistema nervioso cerebroespinal controla el sistema muscular voluntario. También puede denotar emociones tales como ansia, sorpresa, miedo o estrés. La acetilcolina es su principal neurotransmisor.

- **Ondas Alfa.** Entre 8 y 14 Hz (hemisferio cerebral derecho). En estas circunstancias el nivel de alerta disminuye, la producción de estas ondas es característica del estado de tranquilidad, relajación de meditación. Los neurotransmisores de este ritmo son acetilcolina, serotonina y dopamina.
- **Ondas Theta.** Entre 4 y 7 Hz (hemisferio cerebral derecho). Corresponde a estas de tensión emocional en adultos (incertidumbre, frustración y decepción) o en personas con diversos trastornos cerebrales.
- **Ondas Delta.** Entre 0.2 a 3.5 Hz (Hemisferio cerebral derecho). Es el estado del sueño más profundo (fase REM del sueño), del trance hipnótico, del coma y de la anestesia general.

A consecuencia de estas ondas lentas, la actividad cardíaca y la respiración bajan la frecuencia notablemente y la relajación física es total. Aún en el caso de soñar, la posibilidad de recordar algo es prácticamente nula. Dura de una hora a una hora y media del periodo total del sueño.

La figura 2.4.1 muestra un encefalograma obtenido en tanto el sujeto estaba excitado, relajado y en varias fases del sueño. Durante la excitación se aprecian ondas cerebrales rápidas y de poca amplitud, mientras durante el sueño son más lentas y amplias.

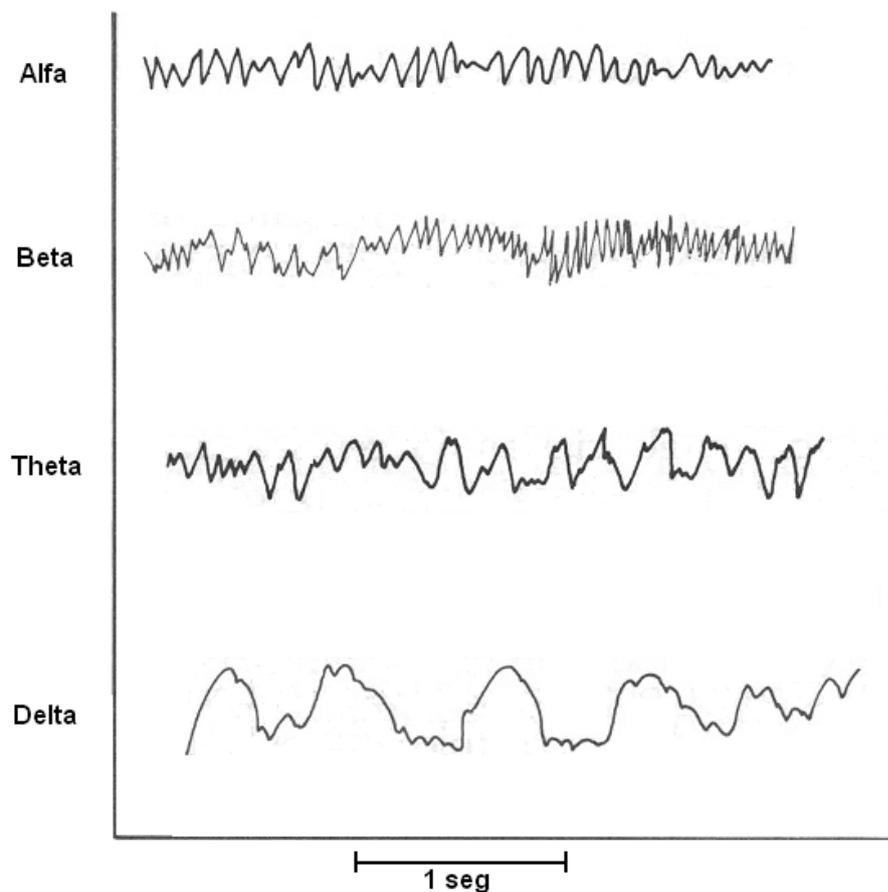


Figura 2.1 Gráfico de ondas cerebrales humanas
Tomada de Principios de Anatomía y Fisiología de Tortora y Anagnostakos

2.4.2.4 UTILIDAD DEL EQUIPO EMISOR DE ONDAS ALFA Y DELTA

En los años 60 se descubrió que los hemisferios derecho e izquierdo operan independientemente, los científicos comprobaron que utilizamos mayormente una parte del cerebro, fluctuando de un hemisferio a otro según la actividad que realicemos.

Cada hemisferio recoge la misma información sensorial, pero la maneja de diferente modo.

El hemisferio izquierdo, dominante en casi todas las personas, codifica la información en forma verbal, utiliza un tratamiento lógico y analítico para llegar a una conclusión razonable.

El hemisferio derecho, no dominante, realiza una síntesis a través de la intuición, sin utilizar el razonamiento deductivo. Pero el hemisferio dominante controla el pensamiento casi todo el tiempo.

Una década después los neurólogos descubrieron que cuando las personas entran en estado de meditación (un estado de extraordinaria claridad mental acompañada de profunda relajación), los dos hemisferios cerebrales funcionan de manera sincrónica y armoniosa.

Esta poco frecuente hipersincronía parece explicar los beneficiosos efectos de la meditación: los meditadores avanzados piensan con todo el cerebro, y sólo ellos pueden reproducir este estado a voluntad.

2.4.2.5 EL EFECTO FFR

Más tarde llegó el descubrimiento de que ciertas ondas electrónicas sonoras causan una respuesta de igual frecuencia en las ondas cerebrales: el cerebro responde a una frecuencia audible reproduciéndola, sincronizándose a ella. A este efecto se le conoce como Respuesta de Sincronización de Frecuencia (Frequency Following Response o F.F.R).

Debido a que las frecuencias de ondas cerebrales (como las ondas alfa) producen estados físicos y mentales específicos, uno puede colocarse unos auriculares, girar un botón selector de frecuencia y evocar un estado determinado. Combinando sonido y luz rítmicamente, se observó que el efecto se potenciaba, produciendo una sincronización cerebral rápida. El resultado es claridad mental, mayor eficacia y un estado de bienestar.

El dispositivo combina frecuencias de sonido y luz, mediante luces intermitentes y sonidos pulsantes. Interpreta un ritmo de ondas para el cerebro y este responde sincronizándose con el estímulo. Se escogió el color verde por dos razones: este color lleva mayor contenido de energía y además el ojo humano se adapta más fácilmente a este color que al rojo o al azul.

Por lo tanto el cerebro tiende a seguir los estímulos rítmicos y se sintoniza con ellos. Si hacemos que una persona escuche un ritmo de frecuencia de 10 [Hz] conseguiremos en relativo poco tiempo un estado de relajación inducido artificialmente, clasificado dentro de los estados Alfa.

Como el oído capta frecuencias desde los 20 [Hz] a los 20000 [Hz] las frecuencias alfa y delta no serían captadas de forma audible, es por esto que se superpuso una frecuencia mayor sobre ellas.

Gracias al circuito integrado temporizador 555 logramos generar las frecuencias deseadas y además controlar el apagado automático del dispositivo.

2.4.2.6 ANÁLISIS DEL DISPOSITIVO EMISOR DE ONDAS ALFA Y DELTA

El dispositivo es un generador de tonos, conformado por dos circuitos integrados 556 (a los cuales llamamos A y B), el integrado 556 contiene dos temporizadores 555. El primer 555 del 556A opera en modo astable y se encarga de generar las frecuencias Alfa y Delta (9 y 3 [Hz] respectivamente).

El segundo temporizador 555 del 556A opera en modo monoestable y su pulso de salida controla el apagado automático del equipo (quince minutos aproximadamente).

El primer temporizador 555 del 556B opera en modo astable, genera un rango de frecuencias entre 145 a 72500 Hz, moduladas por la frecuencia Alfa o Delta que provienen del primer 555 del 556A, esto se hace debido a que las frecuencias Alfa y Delta son inaudibles y de allí la necesidad de superponer altas frecuencias sobre ellas. El control de la frecuencia se lo realiza mediante un potenciómetro de 1 M Ω .

El segundo 555 del 556B opera en modo monoestable que permite ubicar el tono de audio en un valor agradable.

El control de volumen se lo realiza mediante un potenciómetro de 50 [K Ω], y el control de intensidad de los leds por medio de un potenciómetro de 5[K Ω].

Información adicional y datos relativos a el dispositivo emisor de ondas Alfa y Delta se encuentra en los anexos.

2.4.3 LA BIORRETROALIMENTACIÓN

El término Biorretroalimentación nace a finales de 1969, para describir a un conjunto de procedimientos experimentales, cuyo estudio se inició en la década de los 40 en Estados Unidos, en los cuales se utiliza un instrumento externo para proveer al organismo de una información inmediata del estado de sus condiciones fisiológicas, tales como la tensión muscular, la temperatura de la piel, sus ondas cerebrales, la presión sanguínea, el ritmo cardíaco, etc. con el propósito de hacer aprovechable esta información, que normalmente no está al alcance del individuo.

La palabra biorretroalimentación proviene de la palabra inglesa "Biofeedback" que tiene sus orígenes en la palabra griega "bio" (vida), y la palabra inglesa "feedback" que las ciencias electrónicas han

traducido como "retroalimentación". Norbert Wiener, padre fundador de la investigación sobre retroalimentación, la definió como "un método para controlar el sistema, incorporando a él los resultados de su actuación pasada".

Podríamos definir la biorretroalimentación como una técnica que incrementa la capacidad de la persona para controlar -hasta cierto punto- voluntariamente las actividades fisiológicas por el hecho de proveerle información acerca de las mismas.

Más concretamente, si una persona puede recibir información acerca de que está tensa, estarán dadas las condiciones necesarias para que pueda relajarse. En cuanto comienza a relajarse, esta información es recibida por el instrumento externo, quien a su vez informa nuevamente a la persona acerca de su progreso, y así sucesivamente. De esta manera, la persona puede ir verificando su relajación progresiva gracias a la información que el instrumento externo le suministra. Es importante destacar que este instrumento no la relaja, sino que le provee información para que la persona pueda lograr cambios en el parámetro monitoreado.

La Biorretroalimentación se presentaría como una alternativa más moderna para el tratamiento de muchas enfermedades que tienen en común la dificultad de curación por métodos tradicionales.

Como técnica se aplica en áreas muy diversas dentro del campo de la medicina, como por ejemplo para tratar las migrañas, cefalea emocional, hipertensión, arritmias cardíacas, enfermedad de Raynaud (desorden circulatorio que produce manos extremadamente frías), parálisis, daños en la columna vertebral y otras afecciones motrices, para remediar las consecuencias de derrames, aneurismas, daño traumático del cerebro, esclerosis múltiple, epilepsia, hipoglucemia y diabetes, epilepsia, síndrome premenstrual, dolores crónicos, incontinencia urinaria, etc. Asimismo, en el campo de la Psicología se emplea para el tratamiento de fobias, depresión, ansiedad, insomnio, estrés, etc. Son algunos de los problemas factibles de tratarse mediante el entrenamiento de biorretroalimentación.

La biorretroalimentación es una herramienta para el aprendizaje de la autorregulación fisiológica. La meta es hacer voluntario lo involuntario, y lograr que los pacientes entren en contacto con sus propios procesos fisiológicos. La idea es que, con la práctica la persona aprende a modificar sus reacciones frente al estrés o la

tensión hasta que los instrumentos de biorretroalimentación dejan de ser necesarios.

Entendemos en este contexto por aprendizaje todo proceso en el cual una persona modifica sus conductas o incorpora nuevas de una manera más o menos permanente. En el caso de la biorretroalimentación, el paciente aprende a controlar -hasta cierto punto- voluntariamente sus parámetros de respuesta fisiológica de una manera cada vez más eficaz.

Cuando la persona aprende a hacer el relax y a modificar sus procesos fisiológicos, enseña a su mente el control del cuerpo y de esta forma regula la condición del cuerpo y de la emoción. Casi todos los procesos fisiológicos pueden obtener regularidad a través del uso del biorretroalimentación. En las Clínicas del Stress y biorretroalimentación, para el tratamiento del stress y ansiedad se suelen utilizar los siguientes aparatos:

- **Electromiografía (EMG).** Los sensores se ponen en contacto con los músculos que se quiere medir y de cuya tensión se quiere hacer el control. Los músculos hacen la transmisión de señales eléctricas que son absorbidas por el aparato de

bio-retroalimentación que, en respuesta envía señales audibles y visuales para que la persona conozca de la tensión y aprenda a hacer el control del nivel de contracción de los músculos. Este aprendizaje es hecho a través del sistema neuro-muscular.

- **Temperatura Periférica (TP).** La temperatura periférica de las extremidades (manos y pies) es proporcional a la cantidad de la sangre en el área. Cuando la persona está tensa, el flujo de la sangre sufre reducción y en consecuencia la temperatura baja. Este aprendizaje es hecho a través del sistema vascular.
- **Encefalograma (EEG).** La encefalografía cuantifica la actividad del cerebro e informa la producción de las ondas beta, alfa y theta.
- **Medidor del Pulso (FC).** El medidor de pulso hace la medición de la frecuencia cardíaca y enseña a la persona a hacer el control del sistema cardiovascular.
- **Esfigmógrafo (PA).** El esfigmógrafo enseña a la persona a hacer la regulación del sistema vascular y cardiovascular.

- **Resistencia eléctrica cutánea (REC).** La resistencia eléctrica cutánea mide la actividad eléctrica de las glándulas que producen sudor en la palma de la mano y en la extremidad de los dedos, más sensibles a las emociones y a los pensamientos. El REC tiene mucha utilización en el aprendizaje del relax en general y para ayudar en la identificación de las situaciones que provocan stress y ansiedad.

CAPÍTULO 3

3. DISEÑO DEL EQUIPO DE BIORRETROALIMENTACIÓN

El objetivo fue diseñar un dispositivo electrónico de biorretroalimentación que permitiera medir el nivel de estrés en un ser humano, a partir de uno de los parámetros más afectados por este fenómeno que es la resistencia eléctrica de la piel.

Además demostrar que una persona puede incrementar su capacidad de controlar voluntariamente sus reacciones fisiológicas al estrés al proveerle información acerca de las mismas. El equipo puede ser usado tanto con el profesional de la salud como por el paciente por sí solo, para comprobar que las técnicas de relajación se realizan de manera adecuada

Desde años atrás se conoce la relación entre la resistencia eléctrica de la piel y las emociones. Nuestro equipo se basa en la resistencia galvánica de la piel (GSR por sus siglas en inglés) que mide la

profundidad del estado de relajación o de estrés, a través de fluctuaciones de la resistencia al paso de la corriente eléctrica por nuestra piel de una forma no invasiva.

La biorretroalimentación es una técnica médicamente aceptada para entrenarnos en el control del estrés, logrando la relajación y la canalización de nuestras energías y alcanzar nuestros máximos potenciales. Este dispositivo de biorretroalimentación logra que conozcamos nuestras involuntarias e inconscientes reacciones físicas al estrés, de tal manera que podamos realizar la retroalimentación y lograr leves cambios en el nivel de estrés.

En una sesión típica de biorretroalimentación, los usuarios se sientan cómodamente en una silla y se les conecta al equipo mediante los sensores colocados en la superficie de la piel en varias localizaciones del cuerpo (generalmente los dedos), las variaciones eléctricas se registran y reflejan en una escala de valores y una señal audible.

3.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

Este proyecto consta de 3 etapas, la primera se encarga de sensor la resistencia eléctrica de la piel, la segunda convierte la señal de voltaje

que proviene de la etapa anterior a un valor digital, la tercer etapa toma tanto el voltaje del primera como el valor digital de la segunda para generar las señales de retroalimentación audiovisuales.

El diseño electrónico del sensor de estrés está basado en el principio de la variación de la resistencia eléctrica que presenta la piel al momento de pasar de un estado de estrés a relajación o viceversa. Es importante que en el diseño se considere la seguridad, comodidad y tranquilidad del paciente. El dispositivo debe ser no invasivo, fácil de aplicar y económico de implementar.

3.2 ANÁLISIS DEL DIAGRAMA DE BLOQUES DEL EQUIPO DE BIORRETROALIMENTACIÓN

Nuestro dispositivo consta de 3 circuitos: sensor, conversor y de retroalimentación. La fuente de alimentación del dispositivo proporciona voltajes de ± 9 [V] al circuito sensor (analógico) y +5 [V] al circuito conversor y de retroalimentación.

En la Figura 3.1 presentamos el diagrama de bloques del equipo de biorretroalimentación.

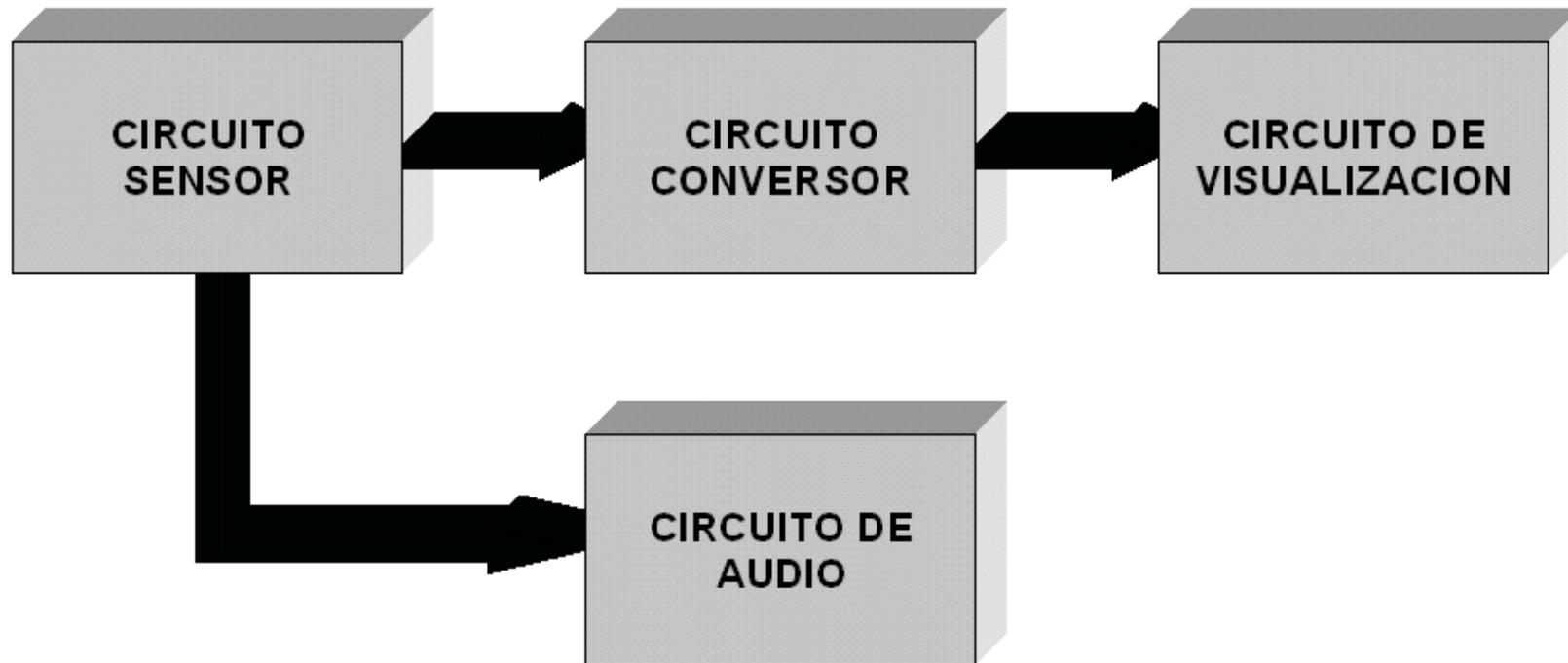


Figura 3.1 Diagrama de bloques

El diagrama de bloques del equipo de biorretroalimentación consta de:

1. Circuito Sensor
2. Circuito de Audio
3. Circuito Conversor
4. Circuito de Visualización

El circuito sensor esta provisto de amplificadores operacionales. La variación en el estado anímico del paciente provoca cambios en la resistencia eléctrica de la piel, estos generan una variación en el voltaje de salida de este circuito.

El circuito de audio utiliza el voltaje de salida del circuito sensor para manejar un oscilador controlado por voltaje, el cual generará una señal de audio con una frecuencia correspondiente a la resistencia eléctrica del paciente.

El circuito conversor toma el voltaje de salida del circuito sensor y lo transforma en un valor digital.

El circuito de visualización recoge el valor digital del circuito conversor, el cual mostrará en una escala numérica correspondiente al estado de relajación o estrés del paciente.

CAPÍTULO 4

4. ANÁLISIS FUNCIONAL DEL EQUIPO

En esta sección se analizarán los circuitos que conforman el equipo de biorretroalimentación y se mostrará el diagrama esquemático a que se refiere. El diagrama esquemático total del equipo de biorretroalimentación se fraccionó en tres porciones para su mejor explicación.

4.1 CIRCUITO SENSOR

La actividad electrodérmica puede ser medida exosomáticamente mediante dos sistemas diferentes: el método de voltaje constante, comúnmente usado en la medición de la conductancia electrodérmica y el método de corriente constante, usualmente relacionado con la resistencia electrodérmica.

Sin embargo, la mayoría de los dispositivos comercialmente disponibles usan la técnica de corriente constante para la medición de la conductancia electrodérmica.

En nuestro caso usaremos el método de voltaje constante. Esto lo hicimos por la facilidad de aumentar la precisión del equipo manipulando voltajes menores que los que se hubieran necesitado con el método de la corriente constante.

Debido a que la resistencia eléctrica no puede medirse en forma directa la mediremos indirectamente basándonos en el principio $V=IR$; esto es al aplicar un voltaje constante (V) al paciente, al variar su resistencia (R_p) se provocará una variación en la corriente (I) inversamente proporcional a ella. Luego hacemos pasar esta corriente variable a través de una resistencia constante (R) y obtendremos un voltaje final (V_o) que será representativo de la resistencia cutánea del paciente. Tal como se muestra en las siguientes ecuaciones.

$$V = I * R_p$$

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

$$V_o = I * R$$

$$V_o = V \frac{R}{R_p}$$

Para someter al usuario a un voltaje constante utilizamos un opamp en configuración seguidor acoplador de voltaje (CI 05), esto nos permite aislar el voltaje aplicado gracias a la gran impedancia de entrada, además obtener una baja impedancia de salida y la no inversión de la polaridad.

El voltaje aplicado al paciente es de 5 VDC. Con esto logramos que al estar la resistencia cutánea en el rango de los $K\Omega$ la corriente que atraviesa al usuario no exceda los microamperios evitando el peligro de macroshock (Un macroshock ocurre cuando la corriente eléctrica que entra y sale por la piel está en el rango de los miliamperios)

El nivel mínimo de percepción se alcanza con 1 mA, valor que sólo se obtendría al aplicar el voltaje de 5V a una resistencia de $5K\Omega$, lo cual sería difícil que ocurriera ya que la resistencia de la piel se encuentra en el rango de los cientos de kilo ohmios a Mega ohmios

A la salida del aislador y antes de la entrada al siguiente opamp se colocarán los electrodos que harán contacto con la piel del usuario. El segundo opamp está en una configuración amplificador inversor (CI.04), con una ganancia que depende de la resistencia cutánea del usuario (R_p).

$$A = \frac{V_o}{V} = -\frac{R}{R_p}$$

El circuito funciona en la mayoría de los casos con una resistencia de retroalimentación R de 100 [KΩ]; pero si el paciente presentase una resistencia base menor de 250 [KΩ], con lo cual la escala mostraría su valor tope de 99, se elegirá entonces una resistencia R de 50 [KΩ], con lo cual la escala disminuirá a la mitad.

El voltaje de salida del segundo opamp representa el nivel de estrés del usuario, pero ya que la polaridad está invertida, colocaremos un tercer opamp en configuración amplificador inversor con ganancia unitaria para obtener valores que puedan ser procesados sin inconvenientes por el circuito conversor (CI 03).

En la figura 4.1 se muestra la porción del diagrama esquemático del equipo de biorretroalimentación correspondiente al circuito sensor y en la página sucesiva se puede apreciar la sección correspondiente al circuito conversor y de visualización (Figura 4.2).

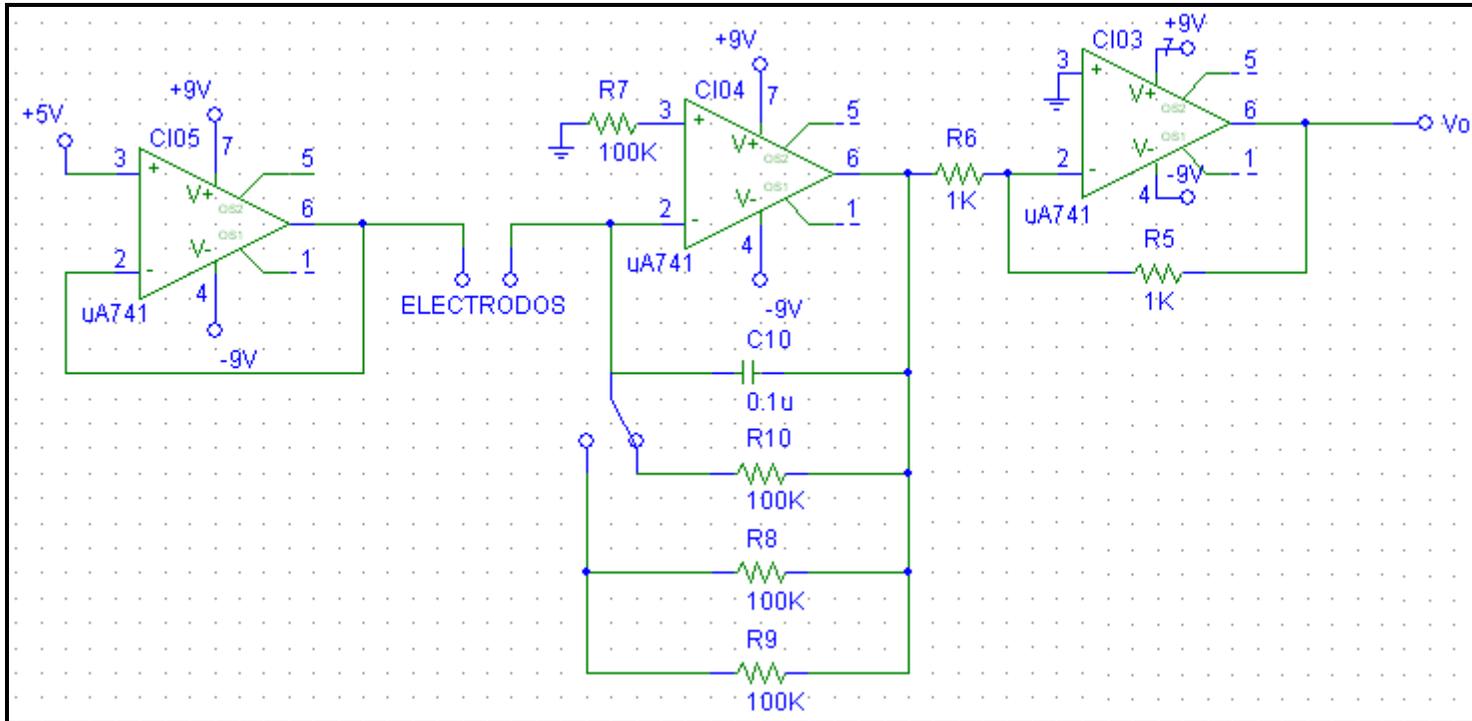


Figura 4.1 Diagrama esquemático del circuito sensor

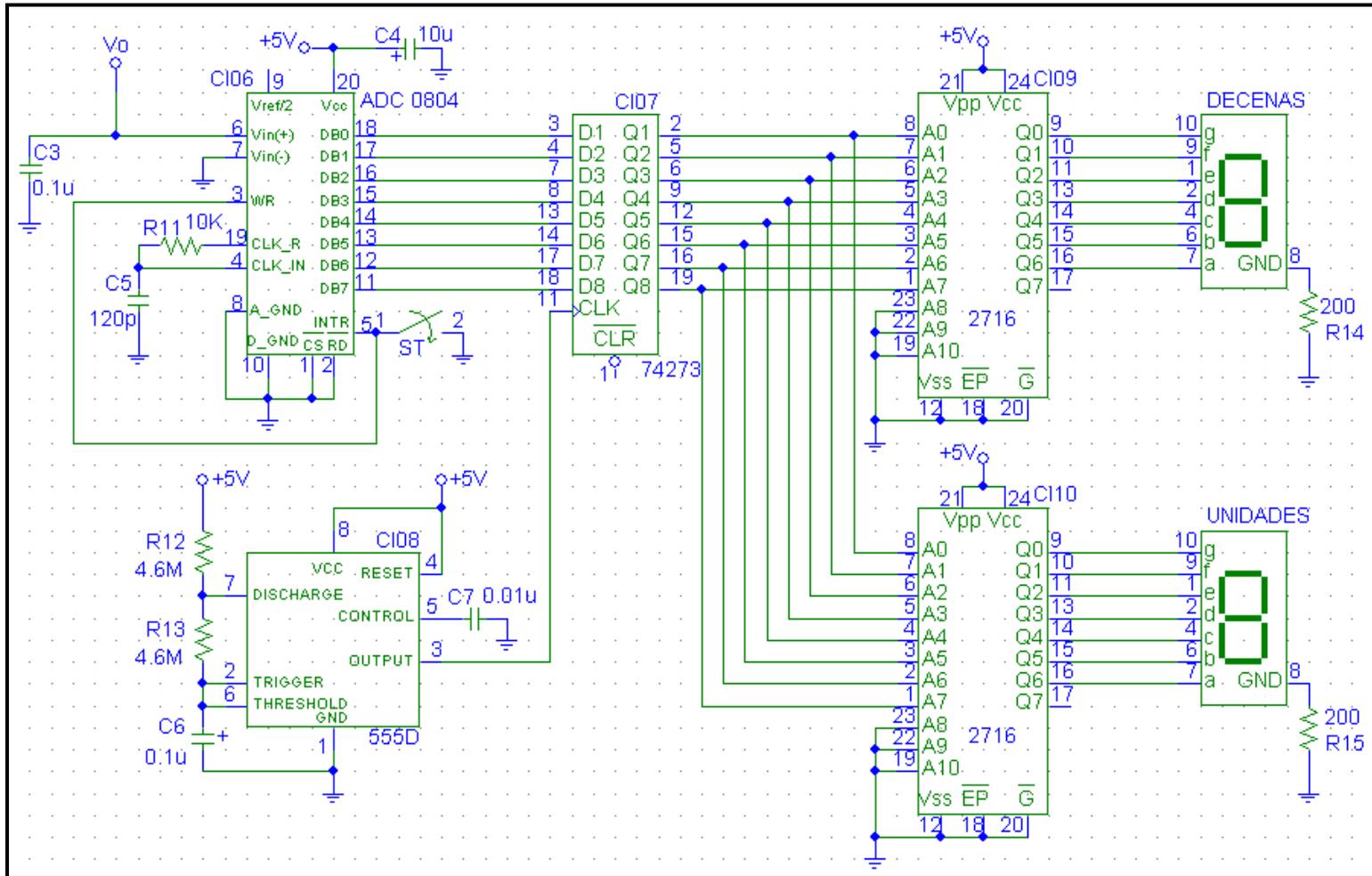


Figura 4.2 Diagrama esquemático del circuito conversor y de visualización

4.2 CIRCUITO CONVERTSOR

Esta etapa está conformada por dos integrados: el conversor propiamente dicho y un registro de sostenimiento

El conversor es el ADC0804 (CI 06) que es un convertidor analógico-digital de aproximaciones sucesivas de 8 bits, ± 1 LSB, y un tiempo de conversión de 100 $[\mu\text{s}]$. Las entradas y salidas del ADC0804 son compatibles con lógica TTL y MOS. El ADC0804 opera a partir de una fuente estándar DC de +5 [V]. Su entrada analógica puede recibir voltajes entre 0 y 5 voltios. En nuestro caso hemos restringido el voltaje analógico de entrada de 0 a 2 [V] para que en los visualizadores de salida se muestre la escala de 0 al 99 correspondiente al nivel de estrés del usuario.

Para obtener el valor tope de 2 [V] de entrada al ADC0804, asumimos que la resistencia mínima de un usuario es de 250 $[\text{K}\Omega]$, de tal modo que al aplicarle a este un voltaje de 5 [V] lo atraviesa una corriente de 20 $[\mu\text{A}]$ que al pasar por la resistencia de 100 $[\text{K}\Omega]$ nos dará el voltaje máximo requerido.

Con un voltaje de entrada de 2 Voltios y puesto que la resolución del ADC0804 es de 8 bits, por cada 0.02 voltios de incremento de voltaje en las entradas análogas, la cuenta binaria se incrementa en uno.

El convertidor ADC0804 incorpora un generador de pulsos de reloj, el cual requiere dos componentes externos (una resistencia y un condensador) para operar. Para nuestra aplicación donde la velocidad de adquisición no es crítica, se ha elegido una frecuencia aproximadamente de 500 [kHz], dada por un valor de resistencia de 10 [kΩ] y una capacitancia de 180 [pF].

$$f_{\text{clk}} = \frac{1}{1.1 * R_{11} * C_5}$$

El dispositivo puede operar en modo free-running que permite que el conversor esté continuamente convirtiendo. Para ello, basta con conectar la señal /INTR de salida a la entrada /WR. Para asegurar el inicio bajo toda posible condición se requiere un pulso externo aplicado a la entrada WR y para detener la conversión en proceso se mantendrá presionado el botón ST.

Una vez obtenidos los valores digitales y para evitar que durante el proceso de conversión la dirección de las EPROM varíen y por

consiguiente se visualicen datos erróneos se colocó un registro de sostenimiento 74LS273 (CI 07) activado con una señal de reloj externa de aproximadamente 1 [Hz].

La frecuencia de reloj la obtuvimos con un circuito integrado temporizador 555 en configuración multivibrador astable con resistores de 4.6 [MΩ], y un capacitor de 0.1 [μF]. Como se demuestra a continuación:

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1.45}{(R_A + 2R_B) * C}$$

$$f = \frac{1.45}{(4.6M\Omega + 2(4.6M\Omega)) * 0.1\mu F}$$

$$f = 1.05Hz$$

4.3 CIRCUITOS DE RETROALIMENTACIÓN

El circuito de retroalimentación consta de dos partes: el circuito de visualización y el circuito de audio.

El circuito de visualización debido a su relación con el circuito conversor está incluido en la figura 4.2 mostrada páginas atrás, mientras el circuito de audio se muestra en su respectiva sección.

4.3.1 CIRCUITO DE VISUALIZACIÓN

El circuito de visualización se conforma de las memorias EPROM 2716 (CI 09 y CI 10) y los visualizadores de siete segmentos.

El resultado proporcionado por el conversor no puede mostrarse directamente en los visualizadores de siete segmentos; es necesario realizar una conversión de código binario a BCD. Para ello, vamos a generar una tabla de conversión almacenada en las memorias EPROM. El dato binario proporcionado por el conversor se conectará al bus de direcciones de las memorias, dicho dato servirá para seleccionar el código de salida a representar en los visualizadores de siete segmentos, que saldrá por el bus de datos de las EPROM.

Cada EPROM tiene una tabla distinta porque una maneja las unidades y la otra las decenas. De esta forma, al llegarles el dato binario desde los registros de sostenimiento, las EPROM mostrarán valores independientes.

Las memorias EPROM almacenan los datos representados en las tablas 1 y 2, empezando con la dirección 0000H y terminando en la dirección 00FFH, es decir, los 256 posibles valores dados por el

conversor A/D. Cada memoria tiene una longitud de palabra de ocho bits. Lógicamente, al tener que representar únicamente cien valores distintos, y disponer de 256 posiciones de almacenamiento, existirán varios bytes consecutivos de la memoria con el mismo código de salida (99).

El dispositivo de lectura de siete segmentos se basa en el principio de que cualquier carácter puede representarse iluminando la combinación apropiada de los siete segmentos.

Nuestro dispositivo utiliza dos visualizadores cátodo común de siete segmentos, por consiguiente el máximo número que puede mostrar es 99.

4.3.2 CIRCUITO DE AUDIO

Este circuito está formado por dos circuitos integrados temporizadores 555, el primero de los cuales actúa como un oscilador controlado por voltaje (CI 01) y el segundo tiene una configuración multivibrador astable (CI 02).

El circuito de audio se muestra en la figura 4.3

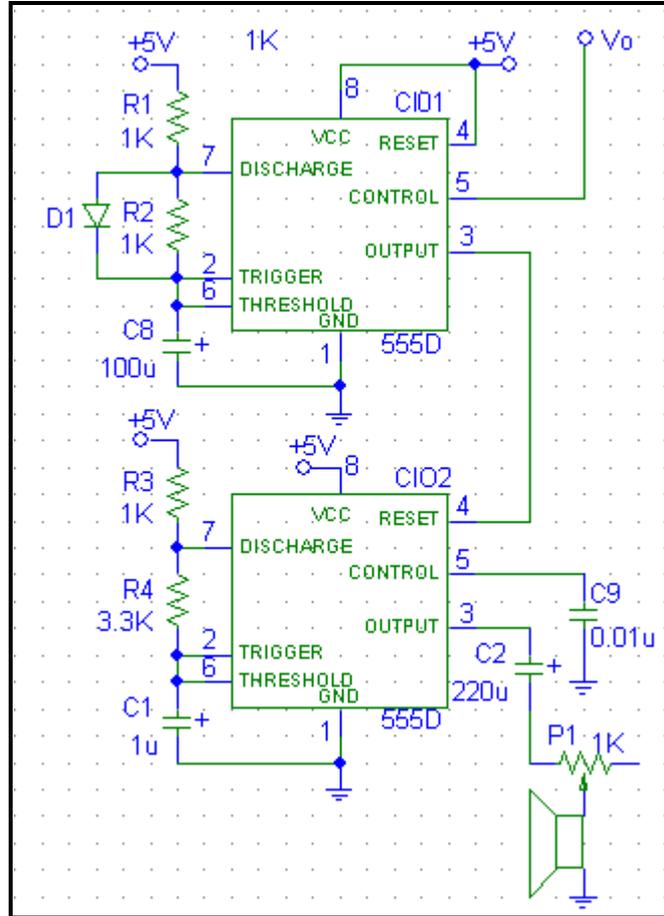


Figura 4.3 Diagrama esquemático del circuito de audio

4.3.2.1 OSCILADOR CONTROLADO POR VOLTAJE

En la figura 4.4 se muestra un oscilador controlado por voltaje (VCO), que es una aplicación del temporizador 555. El circuito algunas veces se denomina convertidor de voltaje a frecuencia, ya que un voltaje de entrada puede cambiar la frecuencia de salida. La forma en que trabaja el circuito es la siguiente. Recuérdese que el terminal 5 (control) se conecta a la entrada inversora del comparador superior. Por lo general, el voltaje de control es $+2V_{cc}/3$ debido al divisor de voltaje.

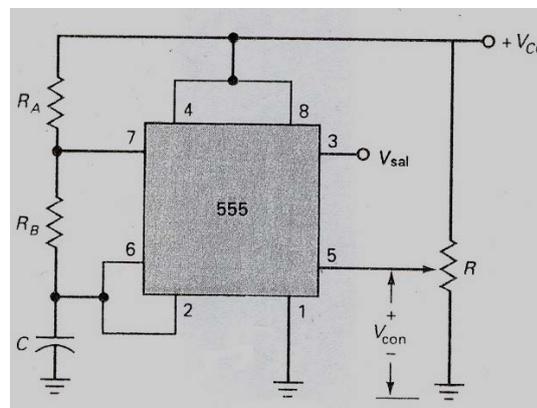


Figura 4.4 Oscilador controlado por voltaje

La figura 4.5 muestra el voltaje a través del capacitor de temporización. Nótese que varía entre $+V_{con}/2$ y $+V_{con}$. Si incrementamos V_{con} , le toma más tiempo al capacitor cargarse y

descargarse; en consecuencia, la frecuencia disminuye. Por ello, podemos cambiar la frecuencia del circuito variando el voltaje de control. En nuestro caso, este voltaje de control (V_{con}) lo tomamos del circuito sensor.

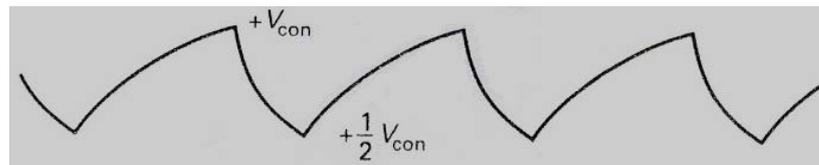


Figura 4.5 Forma de onda del capacitor de temporización

Para calcular el rango de frecuencia emitidas por el VCO usamos las siguientes formulas:

$$t_c = R_c * C * \ln \left(\frac{V_{cc} - \frac{V_{con}}{2}}{V_{cc} - V_{con}} \right)$$

$$t_d = R_d * C * \ln \left(\frac{0 - V_{con}}{0 - \frac{V_{con}}{2}} \right)$$

En el tiempo de carga R_c es igual a $1 \text{ K}\Omega$ (R_1) debido a que tenemos un diodo en paralelo con R_2 , lo cual causa que la corriente se desvíe a través del diodo y no circule por este último resistor.

En el tiempo de descarga R_d es igual a $1 \text{ K}\Omega$ (R_2)

Una vez que sustituimos en las ecuaciones que se muestran a continuación: R_c , R_d , V_{cc} y C ($1 \text{ [K}\Omega]$, $1 \text{ [K}\Omega]$, 5 [V] y $100 \text{ [}\mu\text{F]}$ respectivamente) tenemos que el tiempo de carga queda en función del voltaje de control y el tiempo de descarga equivale a: 0.069 segundos.

$$t_c = (1\text{K}\Omega) * (100\mu\text{F}) * \text{Ln} \left(\frac{5 - \frac{V_{con}}{2}}{5 - V_{con}} \right)$$

$$t_c = 0.1 * \text{Ln} \left(\frac{10 - V_{con}}{10 - 2V_{con}} \right)$$

$$t_d = (1\text{K}\Omega) * (100\mu\text{F}) * \text{Ln} \left(\frac{0 - V_{con}}{0 - \frac{V_{con}}{2}} \right)$$

$$t_d = 0.1 * \text{Ln}(2) = 0.069\text{s}$$

Dado que el periodo es igual al tiempo de carga mas el tiempo de descarga y la frecuencia es equivalente al inverso del periodo, si recordamos que el voltaje máximo de salida del circuito sensor es de 2 voltios tenemos que la frecuencia máxima sería de 10.24 [Hz] . Si la resistencia del usuario es demasiado baja y nos vemos en la necesidad de hacer un cambio de escala el voltaje de salida máximo

del circuito sensor será de 1 [V] y por lo tanto la frecuencia correspondiente será de 12.38 [Hz].

4.3.2.2 MULTIVIBRADOR ASTABLE

El segundo circuito integrado temporizador 555 genera una frecuencia que está en el rango audible (aproximadamente 190 [Hz], tal como se demuestra en las ecuaciones a continuación) la cual es modulada por la frecuencia emitida por el primer temporizador 555. Esto se debe a que las frecuencias generadas por el VCO están fuera del rango audible (desde los 20 [Hz] a los 20 [KHz]) y no serían captadas por el oído humano; de allí la necesidad de superponer otra frecuencia mayor sobre ellas.

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1.45}{(R_A + 2R_B) * C}$$

$$f = \frac{1.44}{(1K\Omega + 2(3.3K\Omega)) * 1\mu F}$$

$$f = 190.78\text{Hz}$$

Logramos nuestro objetivo al conectar la salida del VCO (el pin 3) al reset (pin 4) del segundo circuito integrado temporizador 555.

A la salida del segundo temporizador 555 está ubicado un potenciómetro (1K) para variar el volumen del sonido emitido por los parlantes que están a continuación.

Como vimos en la sección 2.4.2 (equipo inductor de ondas alfa) las ondas características de los estados de, relajación y meditación se encuentran en un rango de frecuencia de 8 a 14 [Hz]. Es por esto que se diseñó el VCO de tal manera que las frecuencias de salida se encuentren dentro de ese rango y así acelerar el proceso de relajación del usuario.

CAPÍTULO 5

5. MANUAL DEL USUARIO

El Equipo de Biorretroalimentación es un equipo de fácil manejo que puede ser usado en las sesiones de entrenamiento de técnicas de relajación junto con el psicólogo, y luego por el usuario en forma individual.

En la figura 5.1 se muestra el dispositivo junto a los electrodos y los audífonos.



Figura 5.1 Foto del dispositivo y sus accesorios

5.1 MANEJO DEL EQUIPO DE BIORRETROALIMENTACIÓN

Para un óptimo manejo del equipo, se detalla cada uno de los controles del equipo de biorretroalimentación. En la Figura 5.2, 5.3 y 5.4 se muestran respectivamente las vistas frontal, posterior e interior del equipo.

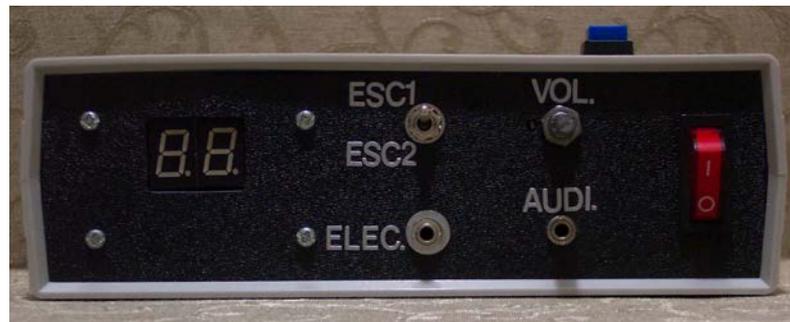


Figura 5.2 Vista frontal



Figura 5.3 Vista posterior



Figura 5.3 Vista interior

En la vista superior esta ubicado el botón ST con el cual se detiene la conversión de los datos sensados y mantiene el último dato en los visualizadores. Además se usará para asegurar el inicio bajo toda posible condición.

En la vista frontal se encuentran los visualizadores de 7 segmentos, los conectores para los electrodos (ELEC.) y los audífonos (AUDI), el selector de escalas (ESC1, ESC2), el control de volumen (VOL) y el interruptor de encendido y apagado (1 / 0).

5.2 INSTRUCCIONES PARA USAR EL EQUIPO

Para utilizar el equipo se debe seguir los siguientes pasos:

1. El usuario debe colocarse en una posición cómoda cerca del equipo de biorretroalimentación.
2. Colocarse los audífonos.
3. Colocar los electrodos en contacto con la cara interna de las falanges medias de los dedos índice y medio de cualquier mano.
4. Conectar los terminales de los electrodos en el panel frontal del dispositivo.
5. Encender el equipo.
6. Ajustar el volumen hasta un nivel cómodo.
7. Fije el selector de escala en la posición ESC1, si los visualizadores muestran el valor máximo (99), efectúe el cambio de escala moviendo el selector a la posición ESC2.
8. Ponga en práctica las técnicas de relajación, monitoreando al mismo tiempo los valores mostrados en los visualizadores y la frecuencia del sonido. El descenso de los valores mostrados y de la frecuencia le indicaran que la técnica de relajación esta siendo aplicada correctamente.

9. Si desea que algún valor permanezca fijo en los visualizadores mantenga presionado el botón ST

5.3 DATOS TÉCNICOS

5.3.1 FUENTE DE ALIMENTACIÓN

La fuente de alimentación se diseñó usando un transformador reductor monofásico (1A, $\pm 12V$) con carga en el secundario, rectificadores, filtros y reguladores de voltaje (Ver diagrama esquemático del circuito de la fuente en Anexo 1).

El transformador recibe el voltaje de la toma (generalmente 110 V_{AC}) para luego devolverla a tensiones mas bajas. Estas tensiones son rectificadas, filtradas y se establece una regulación para obtener voltajes de cd fijos deseados (+9V, -9V, +5V).

Un rectificador con diodos proporciona el voltaje rectificado de onda completa.

La regulación se obtiene a partir de los CI reguladores de voltaje (LM7809, LM7909 y LM7805), los que toman el voltaje de cd y

suministran un voltaje del mismo tipo un poco menor y el cual se mantiene estable aun cuando la entrada de voltaje de cd varíe o la carga de entrada conectada al voltaje de cd cambie.

5.3.2 ESPECIFICACIONES ELÉCTRICAS

El equipo se conecta a un tomacorriente de 110 V_{AC} sin conexión a tierra, es alimentado por una fuente que se diseño utilizando un transformador reductor (1 [A], ±12 [V]) con carga en el secundario. Como medida de protección del equipo la fuente cuenta con un fusible de 1 [A].

5.3.3 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

Altura: 8 cm.

Ancho: 21 cm.

Profundidad: 16 cm.

Peso: 3 libras

5.3.4 REQUISITOS AMBIENTALES

El instrumento se ha diseñado para uso interior, debe permanecer en un cuarto seco y no debe ser utilizado en ambientes corrosivos, polvorientos o húmedos.

Preferiblemente la temperatura de la habitación donde se realiza la sesión debe ser constante y no debe ser muy fría ni muy calurosa, ya que esto alteraría los parámetros a medirse,

5.3.5 CALIBRACIÓN DEL EQUIPO

El equipo cuenta con un selector de escala para que en caso de que el usuario presente una resistencia muy baja y que los visualizadores muestren el valor tope (99) en la escala E1, pueda cambiar a la opción E2 para variar el nivel de referencia.

5.3.6 SEGURIDAD PARA EL PACIENTE

La corriente que circula por los dedos del usuario están el orden de los micro Amperios por lo cual no hay peligro de macroshock, ya que el nivel mínimo de percepción es de un 1 [mA].

CONCLUSIONES

Una vez concluido el diseño y la implementación del equipo de biorretroalimentación junto con su puesta en operación, podemos concluir lo siguiente:

1. Los valores base de resistencia eléctrica cutánea varía ampliamente, no solo entre diversas personas, sino hasta en el mismo individuo dependiendo de las situaciones en que se encuentre. El valor promedio mostrado en los visualizadores utilizando la escala 1 es de 30, lo cual corresponde a una resistencia base de aproximadamente 800 [K Ω].
2. Dado que algunas personas presentaron resistencias muy bajas y por lo tanto los visualizadores mostraban el valor máximo de 99 al inicio de la medición, se implementó una segunda escala (ESC2) para poder apreciar sin dificultad los valores base y la variación que ocurría durante la relajación. Pero esta situación ocurría en contadas ocasiones.
3. Pudimos observar que en personas con entrenamiento en técnicas de relajación, en el momento de aplicarlas, el valor mostrado en los

visualizadores disminuyó en aproximadamente 7 unidades, independientemente de su resistencia base. Esto ocurría al tener seleccionada la escala 1 (ESC1), si se tuviera seleccionada la escala 2 (ESC2) el valor disminuiría en 3 unidades aproximadamente, dado que la resolución del dispositivo disminuye en un 50 por ciento.

4. Notamos que al suscitarse una situación de estrés agudo, los valores en los visualizadores aumentaron mucho más rápidamente y en mayor proporción que la variación ocurrida durante la relajación.
5. Reparamos que las personas reaccionan de forma diferente a los estímulos externos, algunas responden mas fácilmente a los sonidos y otras a las imágenes, ya sea para inducir a un estado de relajación o para provocarle una situación de estrés agudo.
6. La retroalimentación basada en los datos mostrados en los visualizadores de 7 segmentos es de mayor utilidad para el usuario que el método de iluminar una barra de leds que es usado en equipos similares. El uso de visualizadores permite conocer en forma cuantitativa y precisa el control efectuado por el usuario en sus reacciones fisiológicas.

7. La versatilidad del circuito temporizador 555 nos permite usarlo como tal para activar el registro de sostenimiento y además en una configuración como oscilador controlado por el voltaje analógico de salida del circuito sensor lo que permite obtener una señal de retroalimentación a través de los audífonos.

8. El uso del conversor analógico digital ADC 0804 en configuración “free running” evita la necesidad de utilizar una señal de reloj externa para activar el muestreo del voltaje de salida del circuito sensor. Con esto prescindimos del uso de un circuito temporizador adicional con el consiguiente ahorro en el consumo de energía y de espacio en la placa del circuito impreso.

9. Finalmente, ya sea que se elabore un proyecto en grupo o en forma individual, hay que tratar en todo momento de llevar registros de cada uno de los pasos que se siguen en el proceso de diseño del proyecto, esto permitirá realizar cambios y correcciones de una manera fácil y sencilla. No hay que dejar nada a la memoria.

BIBLIOGRAFÍA

Robert Coughlin, Frederick Driscoll, Amplificadores operacionales y circuitos integrados.

Circulo de Lectores, Guía práctica para superar el estrés.

Tortora y Anagnostakos, Principios de Anatomía y Fisiología.

Carlos Del Águila, Electromedicina.

Mosby's Medical, Nursing and Allied Health Dictionary, 4º Edición, Mosby-Year Book, Inc.

National Geographic, Noviembre 2002, (Artículo: La piel al descubierto por Joel Swerdlow)

<http://www.methodisthealth.com/spanish/dermo/anatomy.htm>

<http://www.arrakis.es/~lluengo/endocrino.html>

<http://www.cop.es/colegiados/Mu00856/estres.htm>

ANEXOS

ANEXO 1

- GLOSARIO
- DATOS DE PRUEBAS REALIZADAS
- EFECTOS DE LA CORRIENTE ELÉCTRICA EN EL CUERPO HUMANO
- PROCEDIMIENTO PARA OBTENER LA RESISTENCIA ELÉCTRICA DEL USUARIO A PARTIR DEL VALOR MOSTRADO EN LOS VISUALIZADORES

ANEXO 2

- DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DEL EQUIPO INDUCTOR DE ONDAS ALFA Y DELTA
- DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DE LA FUENTE DE ALIMENTACIÓN
- PROGRAMA DE LAS EPROMS

ANEXO 3

- LISTADO DE ELEMENTOS
- LISTADO DE COSTOS
- UBICACIÓN DE LOS ELEMENTOS EN LAS PLACAS
- DISEÑO DE LAS PISTAS

ANEXO 1

GLOSARIO

Aferente: Dirigido hacia un centro, tal como se aplica a las arterias, venas, vasos linfáticos y nervios.

Areolar (tejido): Tipo de tejido conjuntivo de escasa resistencia, constituido por fibras laxas y areolas. Denominado también tejido fibroareolar.

Arritmia Cardíaca: Frecuencia o ritmo anormal de las contracciones miocárdicas auriculares o ventriculares.

Biorretroalimentación: Proceso en que un individuo recibe señales constantes (retroalimentación) acerca de diversas funciones de su organismo.

Catabolismo: Proceso metabólico complejo en el cual se degradan una serie de biomoléculas y se libera energía para su utilización en el trabajo metabólico, su almacenamiento o la producción de calor por oxidación de los carbohidratos, grasas y proteínas. En el curso del catabolismo se produce dióxido de carbono y agua así como energía.

Cefalea Tensional: Dolor occipital resultado de una sobrecarga o tensión emocional que impiden la relajación y el descanso.

Colitis Ulcerosa: Enfermedad inflamatoria crónica del intestino grueso y el recto, caracterizada por diarrea acuosa profusa con sangre, moco y pus.

Contractura: Trastorno articular, en general permanente, que consiste en la fijación en flexión, debido a atrofia y acortamiento de fibras musculares o a pérdida de la elasticidad de la piel por cualquier causa, por ejemplo formación de tejido cicatrizal sobre la articulación.

Dispepsia Funcional: Anomalía caracterizada por trastorno de la digestión, con origen atónico o neurológico.

Eccema: Erupción cutánea caracterizada por escozor, hinchazón, formación de vesículas, hemorragia capilar y descamación de la piel.

Eferente: Que se aleja del centro, tal como se aplica a las arterias, venas, vasos linfáticos y nervios.

Factor Estresante: Dícese de toda fuerza nociva de gran intensidad, inusitada o de larga duración, que desencadene el síndrome de adaptación general.

Glándula sudorípara: Una de las aproximadamente 3 millones de estructuras diminutas que producen el sudor y se encuentran incluidas en la dermis. La cantidad media de sudor secretada en 24 horas varía de 700 a 900 g. La mayoría de estas glándulas son ecrinas y producen un sudor constituido por cloruro sódico, productos de desecho tales como urea y ácido láctico y productos de degradación

del ajo, las especias y otras sustancias. Las glándulas sudoríparas apócrinas, asociadas con el vello grueso de las axilas y la región púbica, son mayores y secretan un líquido mucho más espeso. Cada glándula sudorípara consta de un tubo único con un cuerpo muy enroscado en la profundidad y un conducto excretor. En las capas superficiales de la dermis, el conducto es recto, y en las más profundas ondulado. En la dermis gruesa de las palmas de las manos y las plantas de los pies adopta una forma espiralada. El número de glándulas por centímetro cuadrado de piel varía en las distintas partes del cuerpo, siendo muy elevado en las palmas de las manos y las plantas de los pies y escaso en el cuello y en la espalda; no existen glándulas sudoríparas en las porciones más profundas del conducto auditivo externo, el prepucio y el glande.

Hipertensión Esencial: Elevación de la presión arterial sistémica de causa desconocida y que no suele acompañarse de otros datos clínicos importantes. La elevación de la presión arterial se considera siempre un riesgo sobre todo de enfermedad cardiovascular.

Hiperventilación: Ventilación pulmonar superior a la necesaria para realizar un intercambio adecuado de gases. Es consecuencia de un aumento de la frecuencia respiratoria, un incremento del volumen corriente o una combinación de ambos y provoca una entrada excesiva de oxígeno y una pérdida de dióxido de carbono.

Homeostasis: Mantenimiento del medio interno en un estado relativamente constante gracias a un conjunto de respuestas adaptativas que permiten conservar la salud y la vida. Diversos mecanismos sensoriales, de retracción y de control, intervienen en este fenómeno que, en gran medida, se basa en que cada parte del cuerpo esté informada en todo momento de lo que sucede en el resto del organismo. Algunos de los órganos clave de la homeostasis son la formación reticular del tronco cerebral y las glándulas endocrinas. Entre las funciones reguladas por los mecanismos homeostáticos cabe destacar la frecuencia cardíaca, la hematopoyesis, la tensión arterial, la temperatura corporal, el equilibrio electrolítico, la respiración y la secreción glandular.

Lumbalgia: Dolor localizado o referido a la parte inferior de la columna vertebral y producida por un estiramiento muscular o por algún trastorno como la osteoartritis, espondilitis anquilosante, ciertas neoplasias o una hernia de disco. La lumbalgia es un síntoma frecuente que suele asociarse con vicios posturales, obesidad, relajación de los músculos abdominales o permanencia durante largos períodos de tiempo en posición de sentado.

Propioreceptor: Terminación nerviosa sensitiva, como las localizadas en músculos, tendones, articulaciones y aparato vestibular, que

responde a estímulos originados en el propio organismo y relativos a movimientos y posición espacial.

Prurito: Sensación, habitualmente en la piel, que incita a rascarse. Molesta sensación de picor en una zona de la piel que hace desear rascarse y que puede estar ocasionada por una dermatitis, una picadura de mosquito o una reacción alérgica. Estado pruriginoso de la piel causado por la infestación parasitaria del ácaro *Sarcoptes scabiei* (causante de la sarna)

Psoriasis: Enfermedad frecuente, crónica y hereditaria de la piel que se caracteriza por la presencia de áreas circunscritas rojizas y cubiertas de escamas gruesas secas, plateadas y adherentes que se producen por un desarrollo excesivo de las células epiteliales.

Relajación: Reducción de la tensión, como cuando un músculo se relaja entre las contracciones

Sinapsis: La unión de las prolongaciones de dos neuronas; el sitio en que la actividad de una neurona afecta la actividad de otra.

Sudoríparo: Pertenece o relativo a una sustancia o circunstancia, como el calor o la tensión emocional, que favorecen la sudoración. Las glándulas sudoríparas son estimuladas por los fármacos colinérgicos.

Sistema Límbico: Porción del cerebro anterior, a veces llamado "encéfalo visceral", relacionada con diversos aspectos de las

emociones y la conducta; incluye el lóbulo Límbico (hipocampo y áreas afines de sustancia gris), así como el giro (circunvolución) calloso, ciertas partes de la corteza temporal y frontal, algunos núcleos talámicos e hipotalámicos, y parte de los núcleos basales.

Síndrome de adaptación general: Conjunto amplio de respuestas corporales desencadenadas por un factor estresante, por medio del cual el cuerpo responde a una situación de urgencia.

Subcutáneo: Que ocurre por debajo de la piel o relativo a tal posición. Sinónimo de hipodérmico.

Taquicardia: Trastorno circulatorio consistente en la contracción del miocardio con una frecuencia de 100 a 150 latidos por minuto. La frecuencia cardíaca se acelera normalmente en respuesta a la fiebre, el ejercicio o la excitación nerviosa.

Termorreceptor: Receptor de los cambios de temperatura.

Termostato: Aparato utilizado para el control automático de los sistemas de calefacción o refrigeración.

Tono muscular: contracción sostenida y parcial de porciones de un músculo esquelético (estriado) como respuesta a la activación de sus receptores de estiramiento.

Úlcera Péptica: Zona erosionada, claramente circunscrita en la membrana mucosa del estómago o del duodeno o en cualquier otra

parte del sistema gastrointestinal, expuesta a la acción de los jugos gástricos ricos en ácido y pepsina.

Vaginismo: Reacción genital psicofisiológica de la mujer, que se caracteriza por una intensa contracción de la musculatura perineal y paravaginal, que cierra fuertemente el introito vaginal.

DATOS DE PRUEBAS REALIZADAS

1. MEDICION DEL VALOR BASE

V. BASE	SEXO	EDAD									
15	F	18	23	M	34	29	M	32	34	F	28
15	F	38	25	M	30	30	M	25	39	F	19
20	F	38	27	M	43	30	M	35	42	F	29
20	M	54	27	M	43	33	F	61	44	F	25
22	M	54	28	M	34	33	M	26	64	M	21

Valor Base Promedio = 30

2. REACCION A UN ESTIMULO ESTRESANTE

V. BASE	V. FINAL	DIFER.	SEXO	ESTIMULO
27	80	53	M	CONTESTO UNA LLAMADA TELEFONICA
28	40	12	M	SE BURLARON DE EL
29	89	60	M	RECORDO UNA SITUACION EMBARAZOSA
34	78	44	F	VIO UNAS ESENAS DE UNA PELICULA DE TERROR
33	55	22	F	ESCUCHO VARIAS CANCIONES DE MUSICA HEAVY METAL
39	47	8	F	SE LE MOSTRO IMÁGENES PERTURBADORAS
42	55	13	F	SE LE MOSTRO IMÁGENES PERTURBADORAS
15	30	15	F	SE LE MOSTRO IMÁGENES PERTURBADORAS
44	70	26	F	SE LE MOSTRO IMÁGENES PERTURBADORAS
62	94	32	M	RECIBIO MALAS NOTICIAS

Diferencia Promedio = 28.5

3. REACCION A LAS TÉCNICAS DE RELAJACIÓN

V. INICIAL	V. FINAL	DIFER.	SEXO	METODO
40	24	16	M	TECNICA DE RELAJACION
31	24	7	M	TECNICA DE RELAJACION
15	10	5	F	TECNICA DE RELAJACION
20	12	8	F	TECNICA DE RELAJACION
34	26	8	F	MUSICA ANTI-ESTRÉS
33	22	11	F	MUSICA ANTI-ESTRÉS
40	26	14	M	TECNICA DE RELAJACION
23	17	6	M	TECNICA DE RELAJACION
29	23	6	M	MUSICA ANTI-ESTRÉS
25	20	5	M	MUSICA ANTI-ESTRÉS
39	35	4	F	INDUCTOR DE ONDAS ALFA
42	37	5	F	INDUCTOR DE ONDAS ALFA
15	12	3	F	INDUCTOR DE ONDAS ALFA
44	38	6	F	INDUCTOR DE ONDAS ALFA
33	29	4	M	INDUCTOR DE ONDAS ALFA
20	17	3	M	INDUCTOR DE ONDAS ALFA
64	60	4	M	INDUCTOR DE ONDAS ALFA
30	26	4	M	INDUCTOR DE ONDAS ALFA

Diferencia Promedio = 6.61

EFFECTOS DE LA CORRIENTE ELECTRICA EN EL CUERPO HUMANO

- **MACROSHOCK**

Ocurre cuando una corriente eléctrica entra y sale por la piel. La densidad de corriente es pequeña al pasar por un área mayor. Ambos puntos de contacto están localizados en la piel, por lo tanto se requieren corrientes grandes para producir efectos.

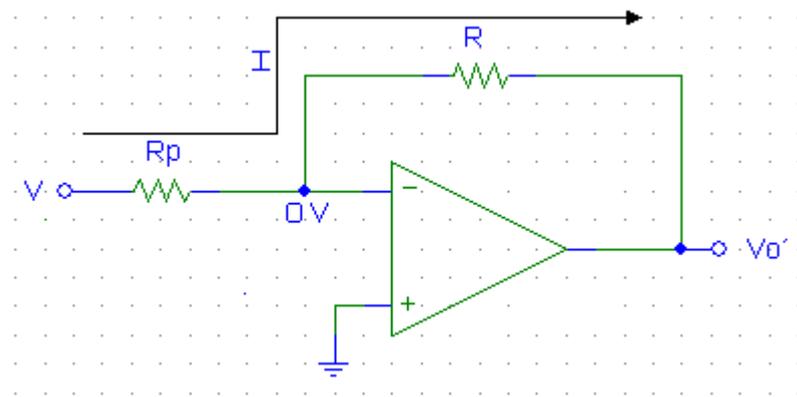
VALOR	EFFECTO
1 [mA]	Mínimo nivel de percepción
5 [mA]	Máxima corriente permitida sin producir daños
16 [mA]	Inmovilidad debido a contracción de los músculos
40 [mA]	Dolor intenso
60 [mA]	Posible desmayo y probable daño muscular
120 [mA]	Fibrilación ventricular
500 [mA]	Parálisis respiratoria
2 [A]	Contracción del miocardio y quemaduras

- **MICROSHOCK**

Ocurre cuando la corriente entra por la piel y sale por el corazón o viceversa. Ahora uno de los puntos de contacto es el corazón y la densidad de corriente en el es mayor.

VALOR	EFFECTO (con catéter al corazón)
20 a 180 [uA]	Fibrilación ventricular en perros
150 a 900 [uA]	Fibrilación ventricular en humanos

PROCEDIMIENTO PARA OBTENER LA RESISTENCIA ELÉCTRICA DEL USUARIO A PARTIR DEL VALOR MOSTRADO EN LOS VISUALIZADORES



$$I = \frac{V}{R_p} \quad (1)$$

$$I = \frac{V_{o'}}{R} \quad (2)$$

Sustituyendo 1 en 2 tenemos:

$$-\frac{V_{o'}}{R} = \frac{V}{R_p} \quad (3)$$

Despejando V_{o'}, y dado que V es igual a 5 [V]

$$-V_{o'} = \frac{R}{R_p} * 5 \quad (4)$$

Para que los valores que llegan al convertidor analógico-digital sean positivos, luego de V_o' se colocó un amplificador inversor unitaria de tal modo que $V_o = -V_o'$.

Puesto que por cada 0,02 voltios de variación (tamaño de paso del ADC 0804) en el valor de V_o , la cuenta binaria se incrementa en 1. Tendremos que el valor mostrado en los visualizadores (D) es igual a:

$$D = \frac{V_o}{0.02} \quad (5)$$

Sustituyendo la ecuación 4 en la 5 resulta:

$$D = \frac{5 * \frac{R}{R_p}}{0.02} \quad (6)$$

$$D = \frac{250 * R}{R_p} \quad (7)$$

Si escogemos la escala 1 (ESC1) en valor de R es 100 [KΩ] y por lo tanto

$$D = \frac{250 * 100K\Omega}{R_p}$$

$$R_p = \frac{25M\Omega}{D} \quad (8)$$

Si cambiamos a la escala 2 (ESC2) el valor de R es 50 [KΩ]

$$D = \frac{250 * 50K\Omega}{R_p}$$

$$R_p = \frac{12.5M\Omega}{D} \quad (9)$$

ANEXO 2

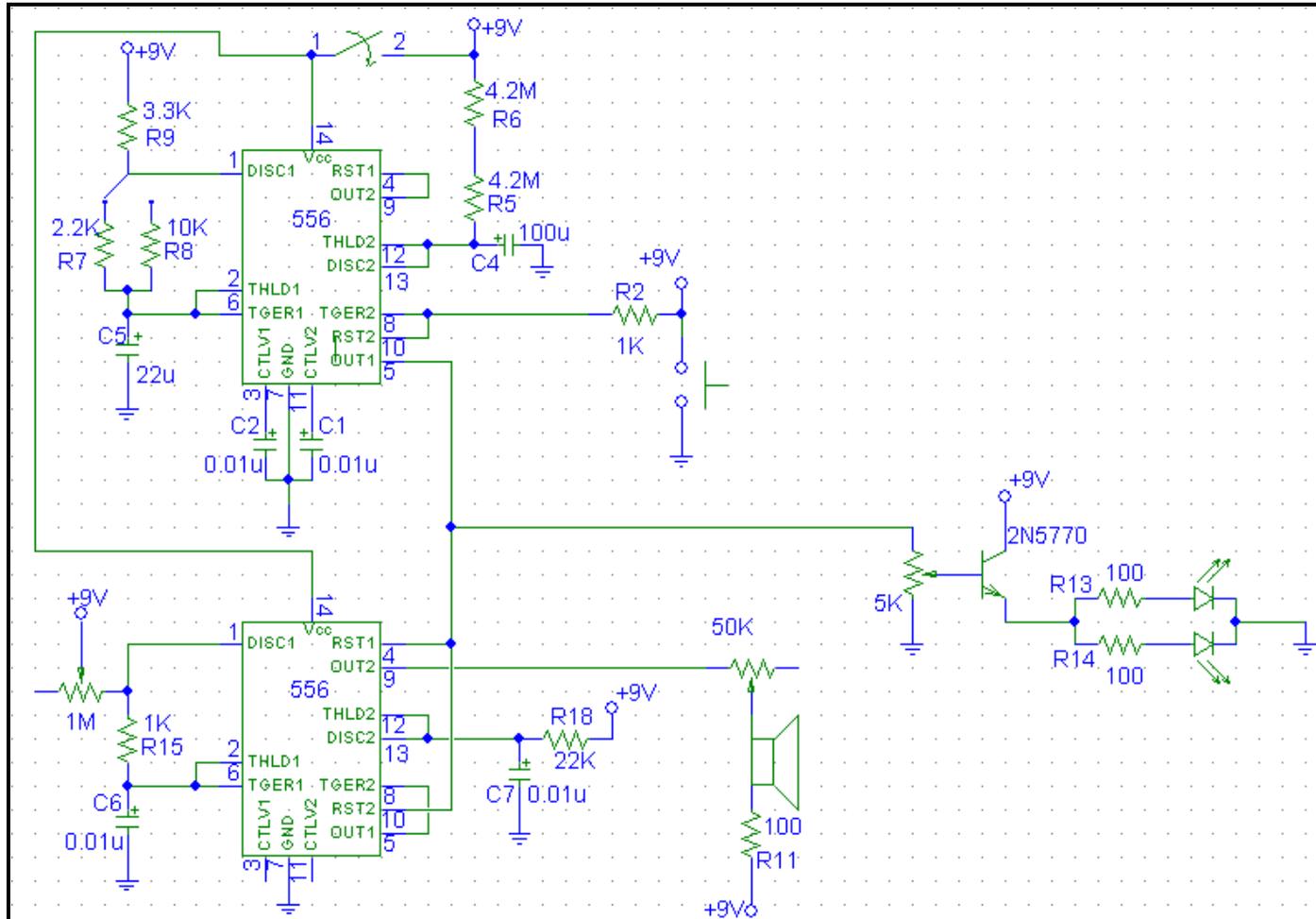


DIAGRAMA ESQUEMATICO DEL EQUIPO EMISOR DE ONDAS ALFA Y DELTA

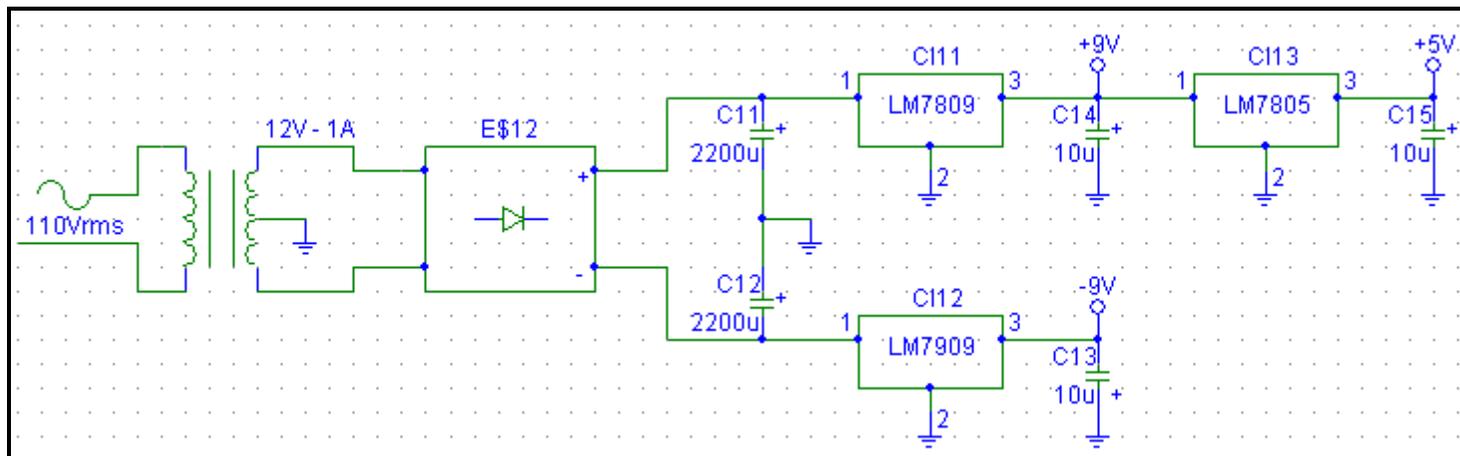


DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DE LA FUENTE DE ALIMENTACIÓN

PROGRAMA EPROMS

ENTRADAS								SALIDAS														
VALOR BINARIO (convertidor)								DECENAS (EPROM 1)							UNIDADES (EPROM 2)							
MSB							LSB	a	b	c	d	e	f	g	a	b	c	d	e	f	g	
A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1	A0	Q6	Q5	Q4	Q3	Q2	Q1	Q0	Q6	Q5	Q4	Q3	Q2	Q1	Q0	
0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	00
0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	01
0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	02
0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	03
0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	04
0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1	05
0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	06
0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	07
0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	08
0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	09
0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	10
0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	11
0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1	12
0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	13
0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	1	14
0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	1	15
0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	16
0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	17
0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	18
0	0	0	1	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	19
0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	20
0	0	0	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	21
0	0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	22
0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	23
0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	24
0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	25
0	0	0	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	26
0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	27
0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	28
0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	29
0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	30
0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	31
0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	1	32
0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	0	0	1	33
0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	34
0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1	1	35
0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1	1	36
0	0	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	37
0	0	1	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	38
0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	39
0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	40
0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	41
0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1	42
0	0	1	0	1	0	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	43
0	0	1	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	1	1	0	0	1	1	44
0	0	1	0	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1	45

PROGRAMA EPROMS

ENTRADAS								SALIDAS														
VALOR BINARIO (convertidor)								DECENAS (EPROM 1)							UNIDADES (EPROM 2)							
MSB							LSB	a	b	c	d	e	f	g	a	b	c	d	e	f	g	
A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1	A0	Q6	Q5	Q4	Q3	Q2	Q1	Q0	Q6	Q5	Q4	Q3	Q2	Q1	Q0	
0	0	1	0	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	46
0	0	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	47
0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	48
0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	49
0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	50
0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	51
0	0	1	1	0	1	0	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1	52
0	0	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	53
0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0	1	1	54
0	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1	55
0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	56
0	0	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	57
0	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	58
0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	59
0	0	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	60
0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	61
0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	62
0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	63
0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	64
0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	65
0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	66
0	1	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	67
0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	68
0	1	0	0	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	69
0	1	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	70
0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	71
0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	72
0	1	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	73
0	1	0	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	74
0	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	75
0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	76
0	1	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	77
0	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	78
0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	79
0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	80
0	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	81
0	1	0	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	82
0	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	83
0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	84
0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	85
0	1	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	86
0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	87
0	1	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	88
0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	89
0	1	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	90
0	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	91

PROGRAMA EPROMS

ENTRADAS									SALIDAS														
VALOR BINARIO (convertidor)									DECENAS (EPROM 1)							UNIDADES (EPROM 2)							
MSB								LSB	a	b	c	d	e	f	g	a	b	c	d	e	f	g	
A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1	A0	Q6	Q5	Q4	Q3	Q2	Q1	Q0	Q6	Q5	Q4	Q3	Q2	Q1	Q0		
1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	99	
1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	99	
1	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	99	
1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	99	
1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	99	
1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	99	
1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	99	
1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	99	
1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	99	
1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	99	
1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	99	
1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	99	
1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	99	
1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	99	
1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	99	
1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	99	
1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	99	
1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	99	
1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	99	
1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	99	
1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	99	
1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	99	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	99	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	99	

ANEXO 3

LISTADO DE ELEMENTOS

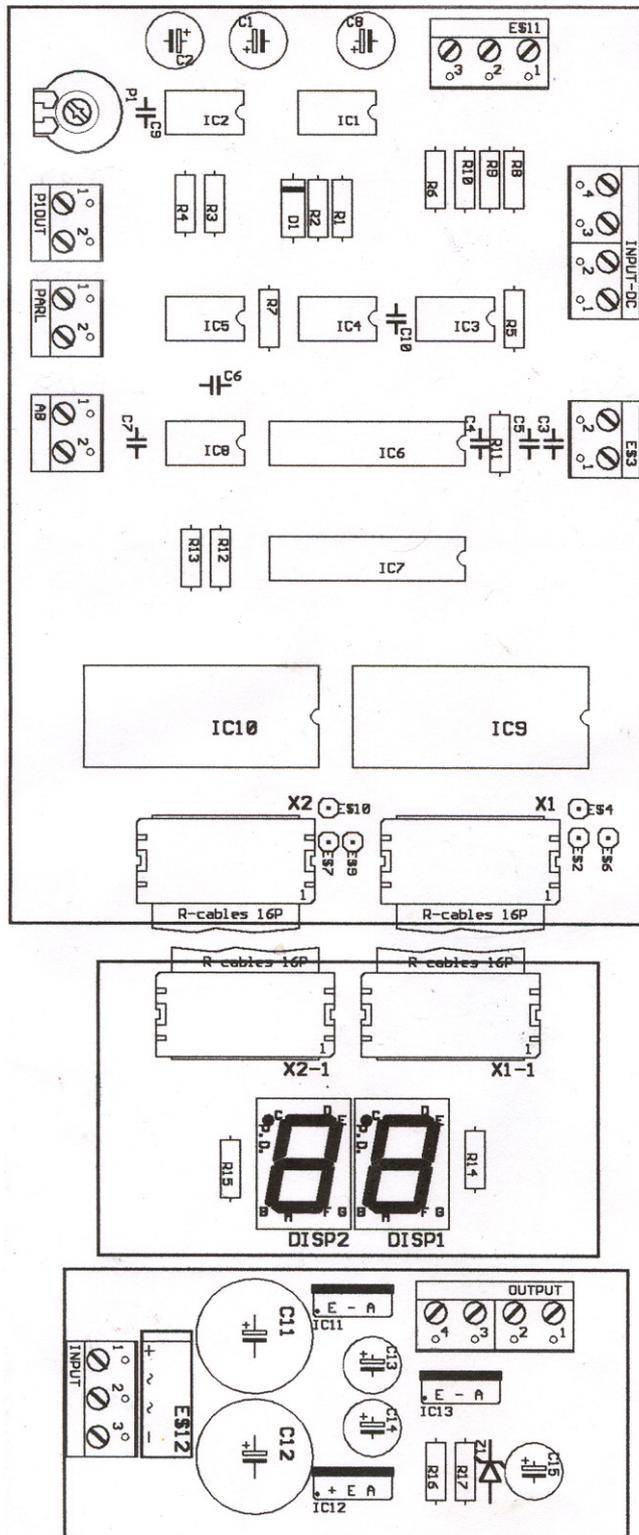
ELEMENTO	CANTIDAD	NOMBRES
Resistencia 1K	5	R1, R2, R3, R5, R6
Resistencia 3.3K	1	R4
Resistencia 100K	4	R7, R8, R9, R10
Resistencia 10K	1	R11
Resistencia 4.6M	2	R12, R13
Resistencia 200	2	R14, R15
Potenciómetro 1K	1	P1
Diodo	1	D1
Capacitor electrolítico 220uF	1	C1
Capacitor electrolítico 1uF	1	C2
Capacitor cerámico 0.1uF	2	C3, C10
Capacitor electrolítico 10uF	4	C4, C13, C14, C15
Capacitor cerámico 120pF	1	C5
Capacitor electrolítico 0.1uF	1	C6
Capacitor cerámico 0.01uF	2	C7, C9
Capacitor electrolítico 100uF	1	C8
Capacitor electrolítico 2200uF	2	C11, C12
Temporizador 555	3	C.I. 01, C.I. 02, C.I. 08
Opamp 741	3	C.I. 03, C.I. 04, C.I. 05
ADC 0804	1	C.I. 06
Registro de sostenimiento 74273	1	C.I. 07
Memoria EPROM 2716	2	C.I. 09, C.I. 10
Regulador de +9V, 7809	1	C.I. 11
Regulador de -9V, 7909	1	C.I. 12
Regulador de +5V, 7805	1	C.I. 13
Puente rectificador	1	E\$12
Visualizador de 7 segmentos	2	Decenas, Unidades

LISTADO DE COSTOS

ELEMENTO	CANT.	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
RESISTENCIAS	17	\$ 0,03	\$ 0,51
CAPACITORES CERÁMICOS	6	\$ 0,05	\$ 0,30
CAPACITORES ELECTROLÍTICOS	9	\$ 0,10	\$ 0,90
POTENCIOMETRO	1	\$ 0,40	\$ 0,40
C.I. 555	3	\$ 0,40	\$ 1,20
C.I. 741	3	\$ 0,40	\$ 1,20
ADC 0804	1	\$ 9,50	\$ 9,50
C.I. 74LS273	1	\$ 2,50	\$ 2,50
C.I. 7809	1	\$ 0,50	\$ 0,50
C.I. 7805	1	\$ 0,50	\$ 0,50
C.I. 7909	1	\$ 0,50	\$ 0,50
MEMORIA EPROM 2716	2	\$ 10,00	\$ 20,00
DISPLAY 7 SEGMENTOS CATODO CUMUN	2	\$ 1,20	\$ 2,40
DIODO	1	\$ 0,05	\$ 0,05
PUENTE RECTIFICADOR	1	\$ 0,20	\$ 0,20
FUSIBLE 1A 120 V	1	\$ 0,05	\$ 0,05
TRANSFORMADOR 1A 24V TAB CENTRAL	1	\$ 3,80	\$ 3,80
INTERRUPTOR O/1	1	\$ 0,40	\$ 0,40
BOTONERA	1	\$ 0,32	\$ 0,32
SOCKETS	10	\$ 0,05	\$ 0,50
CABLE (metros)	2	\$ 0,08	\$ 0,16
JACKS	2	\$ 0,15	\$ 0,30
SENSORES	2	\$ 0,18	\$ 0,36
DISTANCIAS	4	\$ 0,20	\$ 0,80
TORNILLOS	11	\$ 0,05	\$ 0,55
TUERCAS	4	\$ 0,05	\$ 0,20
BORNERAS 2P	6	\$ 0,80	\$ 4,80
BORNERAS 3P	1	\$ 1,10	\$ 1,10
TOMACORRIENTE	1	\$ 0,50	\$ 0,50
AUDIFONOS	1	\$ 1,80	\$ 1,80
PLACA PRINCIPAL (DOBLE)	1	\$ 12,25	\$ 12,25
PLACA DE LA FUENTE	1	\$ 2,35	\$ 2,35
PLACA PARA DISPLAYS	1	\$ 2,30	\$ 2,30
CAJA PLASTICA	1	\$ 15,00	\$ 15,00

COSTO TOTAL

\$ 88,20



UBICACIÓN DE LOS ELEMENTOS EN LAS PLACAS

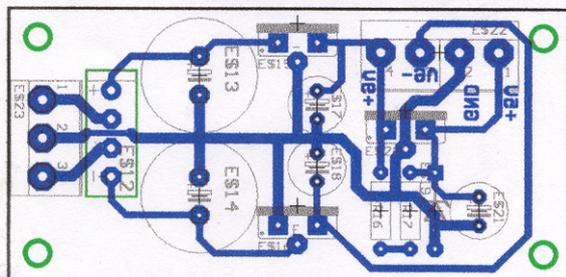
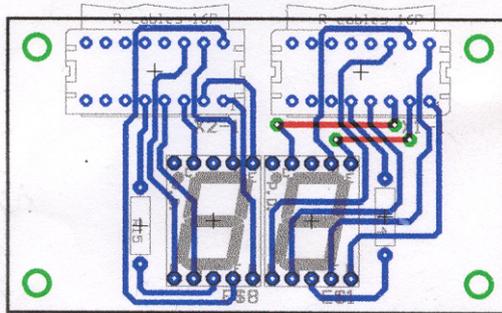
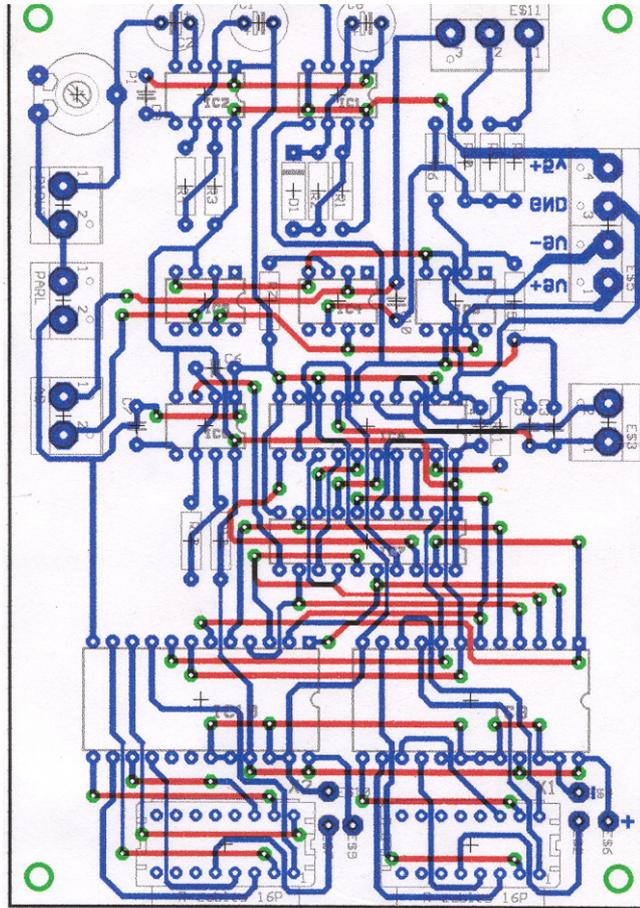


DIAGRAMA DE LAS PISTAS