



FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

**Elaboración de un Dispositivo para Rehabilitación Física a
Base de Campos Magnéticos.**

Trabajo de graduación previo a la obtención del título de:

INGENIERO ELECTRÓNICO.

Autor

PABLO EMILIO OLEAS PESÁNTEZ

Director

EDUARDO RODRIGO SEMPÉRTEGUI CAÑIZARES

**CUENCA, ECUADOR
2017**

DEDICATORIA

A mi María Delia, que con sus ojos ilumina mi vida y me hace ser mejor, para mi María Luisa mi compañera y para mis papás y hermano que siempre confiaron en mí.

AGRADECIMIENTOS.

Quiero agradecer con mi corazón a todos los que de alguna u otra forma me ayudaron y estuvieron ahí siempre en las buenas y en las malas, especialmente a Mauricio por todo el apoyo en estos años.

“Tarda en llegar y al final hay recompensa...” Gustavo Cerati.

INDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS.	iii
INDICE DE CONTENIDOS	iv
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	vii
INDICE DE ANEXOS.....	ix
RESUMEN.....	x
ABSTRACT.....	xi
INTRODUCCION	1
CAPITULO I: ELECTROMAGNETISMO	2
1.1 Fenómenos del Magnetismo.....	2
1.2 Inducción Magnética.	3
1.3 Intensidad de Campo Magnético.....	3
1.4 Flujo Magnético.....	4
1.5 Bobina recorrida por una corriente.....	5
1.6 Leyes del Magnetismo.....	6
CAPITULO II: MAGNETOTERAPIA.....	11
2.1 Generalidades.	11
2.2 Definición.	12
2.3 Efectos de los campos magnéticos en los seres vivos.	13
2.4 Efectos terapéuticos de los campos magnéticos.	18
2.5 Ventajas de la magnetoterapia.....	20
2.6 Frecuencia que se utiliza en la magnetoterapia.	23

CAPITULO III: DISEÑO DE DISPOSITIVO DE REHABILITACIÓN.	25
.....	25
3.1 Explicación Esquemática del funcionamiento del Dispositivo.....	23
3.2 Programación y funcionamiento pantalla LCD.....	26
3.3 Esquema de funcionamiento y programación del menú de funciones.	28
3.4 Diagrama de programación y funcionamiento de la parte de control del dispositivo.	31
3.5 Esquema de programación y funcionamiento del generador de ondas.	36
3.6 Cálculo de electroimanes generadores de campos magnéticos.....	38
3.7 Lista de Materiales.....	40
CAPITULO IV: IMPLEMENTACIÓN DE LOS DISEÑOS DE LAS ETAPAS DEL DISPOSITIVO.	43
.....	43
4.1 Implementación de diseño de pantalla LCD.....	43
4.3 Implementación de diseño de la parte de control.	46
4.4 Implementación de diseño del generador de ondas.	47
4.5 Construcción de electroimanes actuadores.....	47
4.6 Construcción de la carcasa.	48
CAPITULO V: EVALUACIÓN DEL CORRECTO FUNCIONAMIENTO DEL DISPOSITIVO DE REHABILITACIÓN.	50
.....	50
5.1 Evaluación del dispositivo con equipos de medición.	50
5.2 Prueba del dispositivo con pacientes.....	51
5.3 Cuadro evolutivo del paciente.	52
5.4 Evaluación general del equipo.....	52
CONCLUSIONES	53
RECOMENDACIONES	54
BIBLIOGRAFIA	56

ANEXOS..... 58

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Producto de B y dS en una superficie.	4
Figura 1.2 Líneas de campo a lo largo de espiras.	5
Figura 1.3 Líneas de Campo visto desde otra perspectiva.	6
Figura 1.4 Líneas de campo en un solenoide.	7
Figura 1.5 Ley de Faraday.	8
Figura 1.6 Ley de Lenz.	9
Figura 1.7 Ley de Ampere.	10
Figura 3.1 Diagrama de bloques del Dispositivo.	25
Figura 3.2 Circuito para controlar la pantalla.	27
Figura 3.4 Pantalla de inicio del equipo.	28
Figura 3.5 Diagrama de bloque del Menú Principal.	29
Figura 3.6 Datasheet PIC 18F452.	30
Figura 3.7 Circuito del microcontrolador.	30
Figura 3.8 Menú principal del equipo.	31
Figura 3.9 Diagrama de bloques del reloj y fecha.	31
Figura 3.10 Diagrama de bloques función incrementar.	32
Figura 3.11 Diagrama de bloques función decrementar.	32
Figura 3.12 Datasheet TTP229-BSF.	33
Figura 3.13 Diseño de los botones.	34
Figura 3.14 Diagrama de bloques set de tiempo.	34
Figura 3.15 Diagrama de bloques set de frecuencia.	35
Figura 3.16 Circuito para control de parámetros.	35
Figura 3.17 Datasheet dsPIC 30F2010.	37
Figura 3.18 Flujograma del funcionamiento del generador de frecuencia.	38
Figura 3.19 Circuito generador de frecuencias.	38
Figura 3.20 Diseño de bobinas.	40
Figura 4.1(a) Imagen del circuito impreso para el control de la pantalla.	44
Figura 4.1(b) Boceto en 3D de la implementación de la pantalla.	44
Figura 4.2 Boceto en 3D de la implementación del menú de funciones.	45
Figura 4.2 Diseño del PCB del menú de funciones.	46
Figura 4.3 PCB del control(cara 1).	46

Figura 4.4 PCB del control(cara 2).	47
Figura 4.5 PCB del generador de funciones.....	47
Figura 4.6 Electroimán vista lateral.	48
Figura 4.7 Electroimán vista superior.	48
Figura 4.8 Diseño del mando del equipo.	49
Figura 4.9 Carcasa adquirida.....	49
Figura 5.1 Sensor de campo magnético PASCO.	50
Figura 5.2 Teslámetro marca PHYWE.	51

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Líneas de programación para iniciar el LCD gráfico.	58
Anexo2. Codificación de saludo inicial y menú principal.	62
Anexo3. Codificación del menú de funciones.	64
Anexo 4: Codificación de hora y fecha.	66
Anexo 5: Configuración de botón de selección.	69
Anexo 6: Codificación dar marcha.	72
Anexo 7: Programación botón Up y botón Dw.	74
Anexo 8: Líneas de programación del SET de carga de parámetros.	79
Anexo 9: Codificación del generador de frecuencias.	85
Anexo 10: Deducción de la fórmula para obtener el campo magnético en una bobina multi-capas.	97
Anexo 11. Diseño de la Bobina.	99
Anexo 12: Diseño del Touch screen.	100
Anexo 13: Diseño de la carcasa.	102
Anexo 14: Informe de mediciones.	103
Anexo 15: Certificado de prueba del equipo.	109
Anexo 16: Imágenes del equipo finalizado.	110

ELABORACIÓN DE UN DISPOSITIVO PARA REHABILITACIÓN FÍSICA A BASE DE CAMPOS MAGNÉTICOS

RESUMEN

Este trabajo de titulación busca contribuir al conocimiento del funcionamiento de equipos para magnetoterapia. Se diseñó y construyó un dispositivo portátil, innovador y de un costo menor a otros según lo investigado en catálogos y páginas web de fabricantes. Este equipo para terapia física, fue probado con pacientes que sufrieron patologías traumatológicas, logrando una mejoría en su condición física en tiempos más cortos que los acostumbrados; por lo tanto, podemos decir que, la magnetoterapia sirve mucho para mejorar dolencias del cuerpo humano, sin sufrir efectos secundarios; esto hace que tenga una ventaja sobre otros tipos de terapias.

Palabras clave: Magnetoterapia, terapia física, rehabilitación, equipos, dispositivo médico.



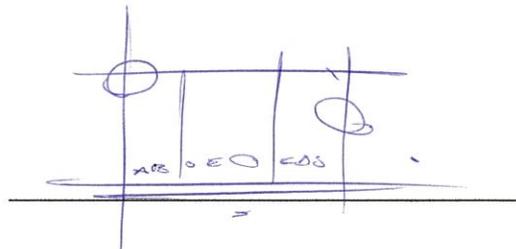
Eduardo Rodrigo Sempértegui Cañizares

Director del Trabajo de Titulación



Hugo Marcelo Torres Salamea

Director de Escuela



Pablo Emilio Oleas Pesántez

Autor

DEVELOPMENT OF A PHYSICAL REHABILITATION DEVICE BASED ON MAGNETIC FIELDS

ABSTRACT

This graduation work aims to contribute to the knowledge of the operation of magnet-therapy equipment. A portable, innovative and less costly device was designed and built according to the research done in catalogs and manufacturers web pages. This physical therapy equipment was tested with patients who suffered traumatological pathologies; achieving an improvement in their physical condition in less time than usual. Therefore, it can be stated that magnet-therapy is effective to improve ailments of the human body without suffering side effects, which represents an advantage over other types of therapies.

Keywords: Magnet-Therapy, Physical Therapy, Rehabilitation, Equipment, Medical Device.



Eduardo Rodrigo Sempértegui Cañizares
Thesis Director

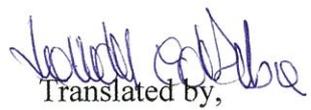


Hugo Marcelo Torres Salamea
School Director

Pablo Emilio Oleas Pesántez
Author



Pablo Emilio Oleas Pesántez
UNIVERSIDAD DEL
AZUAY
Dpto. Idiomas



Translated by,
Lic. Lourdes Crespo

Oleas Pesántez Pablo Emilio.

Trabajo de Titulación

Ing. Eduardo Rodrigo Sempértegui Cañizares.

Enero, 2017.

ELABORACIÓN DE UN DISPOSITIVO DE REHABILITACIÓN FÍSICA A BASE DE CAMPOS MAGNÉTICOS

INTRODUCCION

En la actualidad, la tecnología hace que los dispositivos electrónicos sean cada vez más pequeños, portátiles y fáciles de actualizar; y la bio-electrónica no es la excepción. Es por eso, que para este trabajo de titulación, se ha propuesto diseñar y construir un equipo pequeño, portátil y fácil de usar de Magnetoterapia, para luego comprobar su correcto funcionamiento con pacientes. Se quiere realizar un equipo con estas características para que fisioterapeutas puedan trasladar el dispositivo y dar terapia a pacientes que no pueden moverse por diferentes motivos, a más de mostrar al mercado un producto barato en comparación a los existentes en el mercado.

En publicaciones y libros, se ha podido investigar algunas ventajas que tiene la magnetoterapia, pero el presente trabajo, se enfocará más hacia patologías traumatológicas. Mediante esta investigación, se pretende dar a conocer más sobre este tipo de terapia, ya que en nuestro medio es poca la información que se tiene, es por esto que hay pocos de estos dispositivos que sean de producción nacional.

Para la realización de esta tesis de grado, se recopilará información en publicaciones en revistas médicas, libros, páginas web certificadas y profesionales de la fisioterapia para la parte teórica. Para la parte práctica, se va a utilizar programas para diseño de software y de hardware, libros en los que se pueda encontrar la teoría del electromagnetismo para ayudar al cálculo de bobinas y todo lo necesario para que el producto final sea el esperado.

CAPITULO I

ELECTROMAGNETISMO

El electromagnetismo es el estudio de los fenómenos eléctricos y magnéticos causados por cargas eléctricas en reposo o en movimiento. Es una ciencia que ha sido estudiada desde la época antes de Cristo, fue descubierta por el astrónomo y filósofo griego Tales de Mileto quien observo la misteriosa propiedad de atracción después de que una vara de ámbar fue frotada con seda y atraía pequeños pedazos de paja. Sabemos que existen dos tipos de cargas: positivas y negativas, ambas son fuentes de campo eléctrico. Estas cargas en movimiento producen una corriente, la cual origina un campo magnético. Un campo es una distribución espacial de una cantidad que puede estar o no en función del tiempo (Cheng, 1998).

El Electromagnetismo es la parte fundamental de esta tesis, ya que al ser un dispositivo cuyo funcionamiento se basa en campos magnéticos, se debe tener claro los conceptos, fórmulas y términos que nos van a servir para el desarrollo del equipo de magnetoterapia. El propósito de este capítulo es ayudar a conocer los conceptos más importantes sobre el tema para posteriormente manipular estos campos y obtener beneficios de los mismos.

1.1 Fenómenos del Magnetismo.

Los fenómenos del magnetismo han sido estudiados por una gran cantidad de científicos que han ayudado a demostrar cuál es su origen. Un fenómeno magnético es una instancia del magnetismo, son lo que produce un campo magnético que surge cuando existe una carga en movimiento o una corriente eléctrica, es decir cuando partículas cargadas eléctricamente están en movimiento. El magnetismo es un fenómeno físico por el cual los objetos ejercen fuerzas de atracción o repulsión sobre otros materiales. Otra manifestación física del magnetismo es la radiación magnética que puede ser observada en los rayos de luz, así como las ondas electromagnéticas utilizadas en las telecomunicaciones (Cheng, 1998).

Un fenómeno visible del magnetismo es la levitación que es el efecto por el que un cuerpo se halla en suspensión estable en el aire sin necesidad de otro medio físico en contacto. Otro ejemplo es el campo magnético de la Tierra que es producto de los movimientos de los metales líquidos presentes en el núcleo del planeta. El campo magnético terrestre cubre en su totalidad la superficie de nuestro planeta y va hacia el espacio exterior, protegiéndonos de fenómenos externos que imposibilitarían la vida en nuestro mundo (Cheng, 1998).

1.2 Inducción Magnética.

Se define a la Inducción magnética (**B**) como la medida de la concentración del flujo. **B** es igual a la cantidad de líneas de fuerza que atraviesan la unidad de superficie perpendicular a Φ . En cierta forma nos indica lo densas que son las líneas de fuerza o lo concentradas que están en una parte del campo magnético (Buck, 2007). $\mathbf{B}=\mu\mathbf{H}$ en un medio lineal, el vector **H** depende de las corrientes libres, siendo su valor independiente de las corrientes de magnetización. Viene dado por la siguiente fórmula y unidades:

$$\text{Sistema Cegesimal de Unidades } 1 \text{ Gs (gauss)} = \text{Mx/cm}^2$$

$$\text{Sistema Internacional de Unidades } 1 \text{ Wb/m}^2 = 1 \text{ V.s/m}^2$$

$$1 \text{ T (Tesla)} = 1 \text{ Wb/m}^2 = 10 \text{ KGs.}$$

El Tesla es la unidad de flujo adoptado por el SI (Sistema Internacional).

En muchos materiales magnéticos, la imanación es proporcional al vector **H**:

$$M = \chi_m H$$

Entonces decimos que se trata de un medio magnético lineal y la constante de proporcionalidad se denomina susceptibilidad magnética; por lo tanto; **B** también es una función de **H**:

$$\mathbf{B} = \mu\mathbf{H}$$

Siendo μ la permeabilidad magnética (Buck, 2007).

1.3 Intensidad de Campo Magnético.

Intensidad de campo magnético (H) es la medida del efecto de la corriente eléctrica que circula por el devanado, nos indica lo intenso que es el campo magnético. Esta

intensidad en una bobina depende de la fuerza magneto motriz, entonces, mientras más larga sea la bobina, más se dispersan las líneas de campo dando como resultado una intensidad de campo débil; por lo tanto, para una fuerza magneto motriz constante, la intensidad de campo es inversamente proporcional a la longitud media de las líneas de campo (Buck, 2007). Esto se demuestra en las siguientes ecuaciones:

$$H = \frac{N \cdot I}{l}$$

A/m a veces se expresa A.vueltas/m

N: número de espiras.

I: corriente eléctrica.

l: longitud del circuito magnético.

1.4 Flujo Magnético.

Flujo Magnético (Φ) es la cantidad total de líneas de fuerza, generadas en el medio magnético que atraviesan una determinada superficie S en el espacio. Se obtiene del producto escalar de \vec{B} y $d\vec{S}$ en una superficie que es parte del área total S (figura 1.1) y se extiende dicho producto a toda la superficie (Buck, 2007).

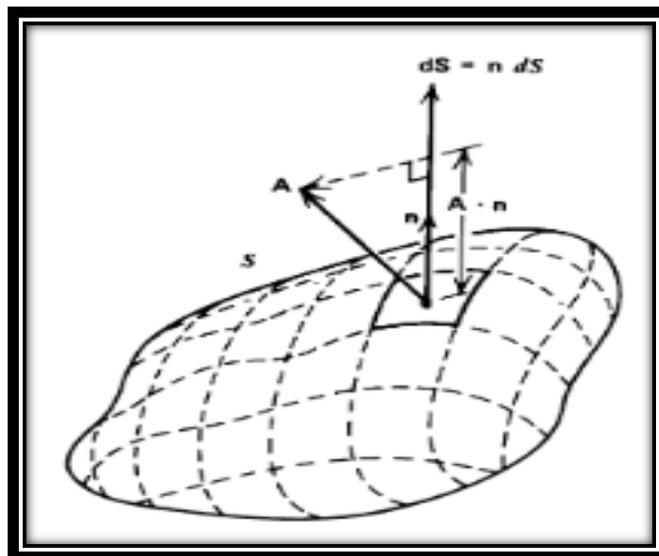


Figura 1.1 Producto de \vec{B} y $d\vec{S}$ en una superficie

Fuente: (Barberena, 2001).

$$\Phi = \oint_S \vec{B} d\vec{S}$$

\vec{B} : Densidad de flujo magnético.

\vec{S} : Área escogida.

Sistema Cegesimal de Unidades 1 Mx (Maxwell)

Sistema Internacional de Unidades 1 Wb (Weber) = 1 V.s

En el interior de un solenoide que está atravesado por líneas de campo magnético uniforme, el flujo magnético que atraviesa cualquier sección recta perpendicular al campo magnético, en su interior viene dado por:

$$\phi = B \cdot S$$

En una bobina con un núcleo de material férrico el flujo en el interior de la bobina es superior que si el núcleo fuera el aire en donde el flujo es más disperso (Buck, 2007).

1.5 Bobina recorrida por una corriente.

Una bobina es un enrollamiento de alambre conductor, técnicamente llamado solenoide, utilizado para generar campo magnético cuando circula corriente eléctrica a través de ella, por esto tiene muchas aplicaciones eléctricas y electrónicas. Cuando por el conductor de una bobina se le hace circular una corriente eléctrica, el campo magnético de cada espira se enlaza con el de la siguiente espira como se puede observar en la figura 1.2. Las líneas de campo a lo largo de todas las espiras, producen dos campos paralelos con dos polos, cuya disposición es similar a la de un imán permanente en barra (Buck, 2007).

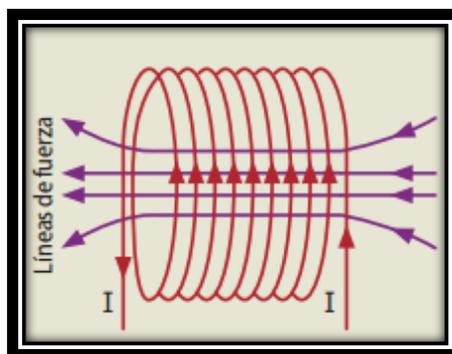


Figura 1.2 Líneas de campo a lo largo de espiras.

Fuente: (DIRECCION DE EDUCACION DE BUENOS AIRES, 2007).

Para invertir la dirección en las líneas de campo, se invierte el sentido de la corriente en el conductor haciendo también que se inviertan los polos del campo. Si se aumenta el número de espiras de conductor, aumenta las líneas de fuerza y actúa como un imán más fuerte. También, al aumentar la corriente que circula por el cable de la bobina incrementa el campo magnético. Alrededor de todo el conductor aparece un campo magnético concéntrico. Los campos magnéticos de dos secciones colindantes del conductor se anularán en parte, pues tienen sentidos opuestos. Se formará un campo en el que las líneas de campo saldrán por una de las caras frontales de la bobina y entrarán por la otra (Buck, 2007).

La figura 1.3 muestra las líneas de campo desde otra perspectiva para dos espiras consecutivas.

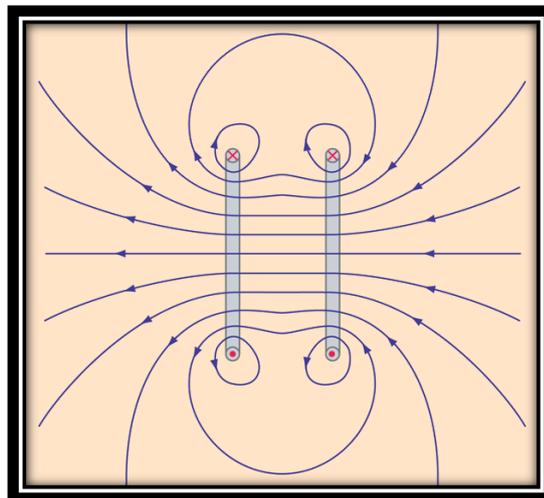


Figura 1.3 Líneas de Campo visto desde otra perspectiva.

Fuente: (M, 2000).

1.6 Leyes del Magnetismo.

Ley de Gauss para el Magnetismo.

Expresa la inexistencia de cargas magnéticas al no existir fuentes escalares. Las distribuciones de fuentes magnéticas son siempre neutras ya que tiene un polo norte y un polo sur, es por esto que el flujo a través de cualquier superficie cerrada siempre va a ser nulo pues no existen polos magnéticos aislados (Buck, 2007). Sus formas integrales y diferenciales se explican de la siguiente manera:

$$\oint \vec{B}(\vec{r}) \cdot d\vec{S} = 0$$

$$\nabla \cdot \vec{B} = 0$$

En la figura 1.4 se puede ver con claridad que las líneas de campo van desde el infinito hasta el infinito en una espira circular o solenoide.

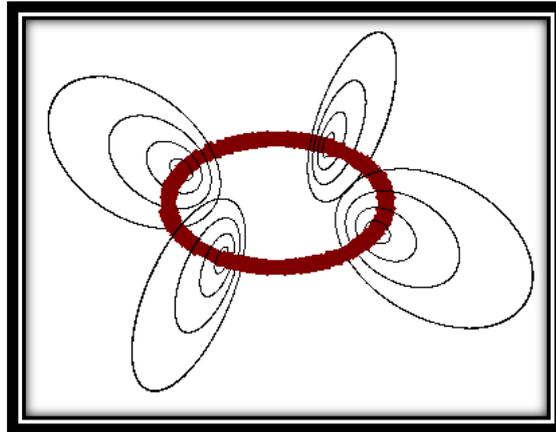


Figura 1.4 Líneas de campo en un solenoide

Fuente: (Departamento de Física Aplicada III Universidad de Sevilla, 2007).

Ley de Faraday

La ley de Faraday establece que el voltaje inducido en un circuito cerrado es directamente proporcional a la rapidez con la que cambia en el tiempo el flujo magnético que atraviesa una superficie con el circuito como borde; es decir, la fuerza electromagnética inducida en cualquier circuito cerrado es igual al negativo de la velocidad del tiempo del flujo magnético encerrado por el circuito. El principio fundamental de la ley de Faraday es predecir como interaccionaran los campos magnéticos en los circuitos eléctricos para producir fuerzas electromagnéticas (Buck, 2007). La diferencia de potencial $v(t)$ inducida en una espira cuando varía el flujo total $\Phi(t)$ que la atraviesa viene dada por:

$$v(t) = \frac{d\Phi(t)}{dt}$$

Para una distribución uniforme de flujo:

$$v(t) = A_c \frac{dB(t)}{dt}$$

Como se muestra en la figura 1.5.

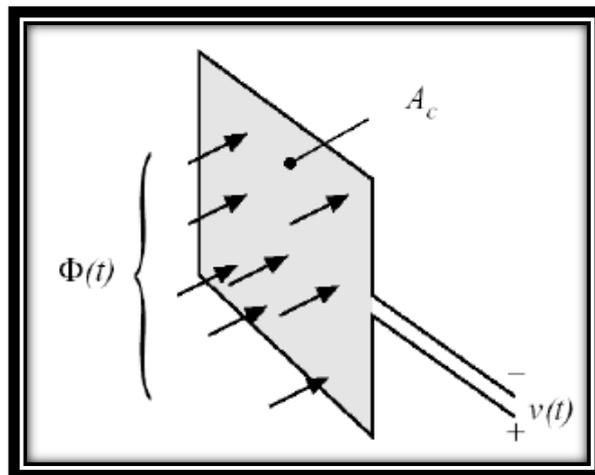


Figura 1.5 Ley de Faraday

Fuente: (Universidad de las Islas Baleares, 2004).

Al mover un circuito en un campo magnético, la fuerza electromotriz inducida genera una nueva corriente en el circuito, misma que es directamente proporcional al flujo del campo magnético, lo que Faraday demostró es que pasa lo mismo cuando se varía la corriente y el circuito se mantiene en reposo en vez de mantener constante la corriente que genera el campo magnético en donde se mueve el circuito. Estos dos casos dieron paso a la ley de inducción (Buck, 2007).

Ley de Lenz

La fuerza electromotriz inducida $v(t)$ por la variación de flujo $\Phi(t)$ tiene una polaridad tal que produce una corriente a través de la espira que contrarresta la variación de flujo, esta corriente da lugar a un flujo $\Phi'(t)$ el cual se opone a las variaciones de $\Phi(t)$. Esta ley es una consecuencia del principio de conservación de la energía. La polaridad de una tensión inducida que tiende a producir una corriente cuyo campo magnético se opone a las variaciones del campo existente producido por la corriente original i . Figura 1.6

Así, tenemos que “El sentido de la corriente inducida sería tal que su flujo se opone a la causa que la produce”. (Buck, 2007)

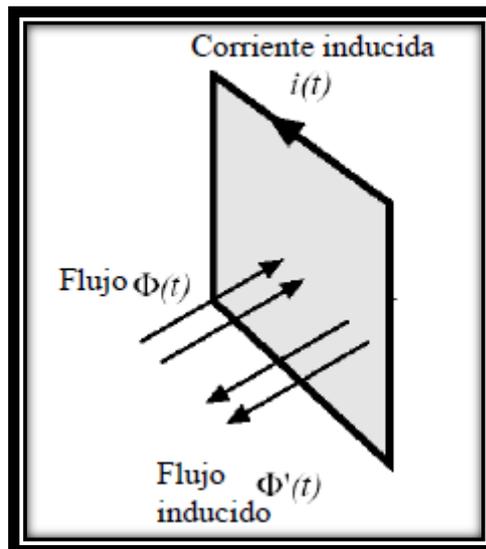


Figura 1.6 Ley de Lenz

Fuente: (Universidad de las Islas Baleares, 2004).

Ley de Ampere

El experimento relacionado con esta ley es la generación de campos magnéticos cuando circula una corriente. Ampere descubrió que si una corriente eléctrica circula por un conductor y trazamos una trayectoria cerrada alrededor del alambre, el producto del campo magnético originado por la corriente por la longitud de la trayectoria, es proporcional a la corriente (Buck, 2007).

La fuerza magneto motriz a lo largo de un camino cerrado atravesado por corriente viene, dado por la siguiente fórmula:

$$\oint_c \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 \cdot i$$

Se debe tener en cuenta que esto se cumple siempre y cuando las corrientes sean continuas, es decir, que no empiecen o terminen en un punto finito.

Para el caso de un solenoide, aplicando la ley de Ampere y resolviendo la integral, queda de la siguiente manera:

$$B = \mu_0 \cdot i \cdot n$$

donde se comprueba que B no depende de la longitud ni el diámetro del solenoide, sino únicamente de la corriente que pasa por las espiras (i) y lo juntas que éstas estén; es decir, el número de espiras por unidad de longitud (n).

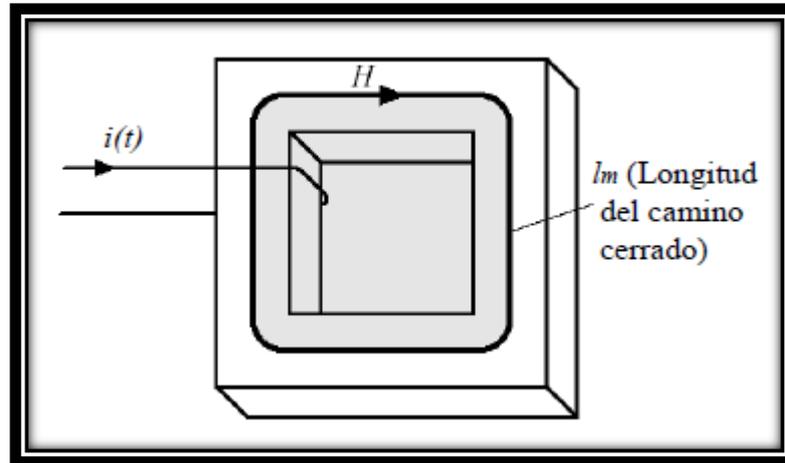


Figura 1.7 Ley de Ampere

Fuente: (Universidad de las Islas Baleares, 2004).

Dicho todo esto, se puede enunciar que la razón de variación temporal del campo eléctrico más la corriente producida por cargas en movimiento, es proporcional al campo magnético a lo largo de una trayectoria cerrada (Buck, 2007).

Estas son las cuatro leyes fundamentales del magnetismo brevemente resumidas en este ítem pero que van a ser de importante ayuda para desarrollar el equipo de magnetoterapia.

CAPITULO II

MAGNETOTERAPIA

El presente capítulo busca dar una visión general de lo que es la magnetoterapia, dando a conocer las ventajas, desventajas, diferentes tipos de usos según las patologías médicas y presentar una breve reseña histórica de la terapia magnética. La misma que se ha venido aplicando desde tiempos remotos en diferentes países y por varios investigadores. Es una terapia muy popular para el tratamiento de una variedad de afecciones médicas humanas. Los efectos biológicos que producen los campos magnéticos de bajo nivel han sido estudiados desde hace varias décadas dando lugar a la interrogante sobre la existencia de efectos fisiológicos importantes.

Se ha investigado en revistas, publicaciones y libros la información referente a efectos que producen los campos magnéticos sobre los seres vivos, y se hace un breve resumen de los efectos biológicos y sus consecuencias en las afecciones médicas que más se utiliza. Existe mucha incertidumbre sobre la eficacia terapéutica de los campos magnéticos y la efectividad de estos efectos sobre el cuerpo, por lo que en este capítulo se busca demostrar que este tratamiento puede ser efectivo para ayudar a la recuperación de varias patologías, además de dar a conocer los efectos que producen los campos magnéticos en el cuerpo humano y sus ventajas.

2.1 Generalidades.

La idea de que la magnetoterapia podría utilizarse para tratar enfermedades comenzó a principios del siglo XVI con el físico, filósofo y alquimista suizo Paracelso, quien usó magnetos para tratar la epilepsia, diarrea y hemorragias. La magnetoterapia se volvió más popular a mediados del siglo XVII cuando Franz Mesmer, un doctor austríaco, quién abrió un salón muy popular de curación magnética en Paris. El propósito del salón era tratar los efectos adversos innatos del organismo humano (SOSA, ESPINOSA, & MORFA, 1996). A principios del siglo XX, el Dr. Albert Abrams postuló que cada sistema orgánico o paciente se sintoniza con una longitud de onda electromagnética característica. En la época de la segunda guerra mundial los efectos fisiológicos de los campos magnéticos ya no recibieron mucha atención

en las investigaciones médicas. Desde entonces se ha vuelto a realizar todo tipo de investigaciones relacionadas con este tema, a tal punto que se han diseñado dispositivos para realizar este tipo de terapia (SOSA, ESPINOSA, & MORFA, 1996). Estos equipos pueden ser de frecuencia fija o variable, en nuestro caso se va a centrar en frecuencia variable.

La magnetoterapia consiste en el tratamiento mediante la utilización de los campos magnéticos, estos pueden ser producidos mediante corriente eléctrica (magnetoterapia) o por medio de imanes (imán terapia).

Los magnetos o imanes, llamados también imanes permanentes para diferenciarlos del electroimán que mantiene sus propiedades magnéticas sólo cuando está conectado a la corriente, han demostrado ser altamente beneficiosos para ciertas dolencias, y ya desde tiempos inmemoriales en China y Egipto, fueron empleados para mitigar los dolores corporales y aliviar la “rigidez” de los músculos y articulaciones (SOSA, ESPINOSA, & MORFA, 1996).

El campo magnético se establece entre un polo norte (N) y un polo sur (S), en forma de líneas de campo magnético que circulan de sur a norte en el interior del imán, mientras que en el exterior del mismo las líneas de campo magnético circulan de norte a sur. Dichos polos no actúan de la misma forma y tienen diversas acciones terapéuticas (SOSA, ESPINOSA, & MORFA, 1996).

2.2 Definición.

La Magnetoterapia es una técnica terapéutica, la cual se fundamenta principalmente en la aplicación de campos magnéticos artificiales variables o continuos sobre una zona del cuerpo humano que tiene alguna disfunción o trauma. A los campos magnéticos, por ser artificiales, se pueden controlar la frecuencia e intensidad para poder brindar varios tipos de servicios a diferentes patologías, esta es una ventaja ya que el campo magnético terrestre es de 0,5 gauss y constante, mientras que los campos magnéticos artificiales podemos elevarlos hasta niveles superiores y controlar con toda exactitud su frecuencia y el tiempo de aplicación (Zayas, 2001).

En la actualidad se pueden generar estos campos magnéticos pulsantes por medio de bobinas arrolladas en torno a un núcleo y que controladas por microprocesadores, nos entregan la potencia y frecuencia necesaria para aplicar a cada tratamiento (Zayas, 2001).

Es una de las técnicas con el menor número de efectos secundarios, las unidades de fuerza magnética utilizados son el Tesla (T) y el Gauss (G) pero ya que el Tesla es una unidad muy grande es más común el uso del Gauss que es la diezmilésima parte un Tesla.

2.3 Efectos de los campos magnéticos en los seres vivos.

Los profesionales que emplean los campos magnéticos para curar, en ciertos casos tiene la confusión sobre los conceptos de Biomagnetismo y Magnetoterapia. El Biomagnetismo estudia los efectos del magnetismo en los organismos vivos (Zayas J. D., 2002). La energía magnética es fundamental para la vida. Se ha observado que las personas que sistemáticamente se someten a tratamientos con imanes tienden a rejuvenecer. Uno de los síntomas es la reactivación de la melanina del pelo y consecuentemente la recuperación de su color. Los resultados de muchos trabajos de investigación demuestran que el metabolismo y el potencial de hidrógeno (pH) de los seres vivos son afectados por los campos magnéticos (Rodríguez, 2014).

El campo magnético terrestre, afecta permanentemente a todos los humanos ya sea, debido a las explosiones solares, el movimiento de la Luna y las tormentas eléctricas; a más de estos fenómenos, los campos magnéticos internos del organismo sufren alteraciones por intoxicaciones, infecciones, traumatismos, tensiones, calidad y cantidad inadecuadas de alimentos y componentes del aire, etc. Todo esto modifica el comportamiento del cuerpo humano pero gracias a la autorregulación de las propiedades internas de nuestros organismos “homeostasis”, reacciona para restablecer y conservar el balance dinámico entre la mente, masa anatómica, composición, metabolismo y energía, pero cuando el límite es sobrepasado, la homeostasis no es capaz de restablecer el equilibrio y es entonces cuando se presenta la enfermedad (Rodríguez, 2014).

Hoy se sabe por ejemplo que cuando se producen perturbaciones importantes del campo magnético, las personas sufren más ataques de epilepsia, trastornos mentales, problemas circulatorios y cardíacos, dolores de cabeza, alteración del sueño, aumento de la presión ocular entre otras. Las ondas cerebrales así como las ondas cardíacas se encuentran asociadas con un campo magnético muy débil, específicamente ondas alfa y delta (Cerveron, 2011). Cuando se producen erupciones solares, los vientos que producen estas erupciones llegan a la Tierra con mayor intensidad, chocando con la magnetósfera de la Tierra y rotan el campo magnético del planeta; por lo tanto las tormentas magnéticas son una compresión del campo magnético terrestre por el viento solar (Cerveron, 2011).

Es por eso que la Magnetoterapia está orientada a la prevención y curación de las enfermedades de los seres vivos, ya sea que éstas sean originadas por la alteración del equilibrio de la energía interna del organismo o por otras causas (Rodríguez, 2014). En otras investigaciones acerca de la influencia del campo magnético sobre organismos vivos, ha despertado nuevas posibilidades sobre la función que puede desempeñar el electromagnetismo en la medicina clínica ya que el cuerpo humano en general tiene interacciones electromagnéticas en todos sus organismos biológicos (SOSA, ESPINOSA, & MORFA, 1996).

Dicho todo esto podemos preguntar: ¿Cuál es el mecanismo con el que actúa el campo electromagnético? Se conoce que cuando una carga en movimiento es introducida dentro de un campo magnético se ve sometida a una fuerza magnética que es perpendicular a la velocidad de movimiento y al campo magnético. Varios autores han planteado que, cuando a través de un conductor circula una corriente eléctrica ubicado dentro de un campo magnético se genera una fuerza electromagnética (SOSA, ESPINOSA, & MORFA, 1996). En el caso del cuerpo humano el conductor puede ser una célula, un gen o una proteína que al variar el potencial eléctrico de un enrejado cristalino se produce una deformación mecánica que provoca la reorientación de las moléculas y átomos en su estructura logrando cambiar su posición espacial, por lo que se puede decir que existen tejidos humanos que poseen propiedades piezoeléctricas. Lo anterior ha sido demostrado por varios investigadores (SOSA, ESPINOSA, & MORFA, 1996).

Los equipos de magnetoterapia que permiten variar la frecuencia, generan un aumento en la movilidad de los iones sobre el lugar en el que actúen ayudando a la aceleración de los procesos metabólicos acortando el tiempo de recuperación (SOSA, ESPINOSA, & MORFA, 1996). La acción del campo magnético y electromagnético a nivel celular actúa de la siguiente manera (SOSA, ESPINOSA, & MORFA, 1996):

- Activa la re-polarización y la permeabilidad.
- Mayor rapidez de la mitosis.
- Aumento del ADN.
- La actividad del metabolismo de los iones y de la oxigenación a nivel hístico se ha comprobado.
- Desarrollo de círculos vasculares colaterales.
- Reabsorción de edemas.
- Aumento de la actividad fagocitaria de los leucocitos.
- Activación en la formación de las estructuras conectivas fibrosas.
- Activación osteoblástica.

Los efectos que tienen los campos magnéticos en el cuerpo humano son muy amplios e interesantes, a continuación se detalla algunos de los más importantes (SOSA, ESPINOSA, & MORFA, 1996):

- Tiene un efecto relajante sobre la musculatura lisa y estirada y es capaz de actuar sobre músculos contracturados haciendo que se descomprima las articulaciones que actúan sobre estos músculos liberándolos de una presión excesiva.
- Logra un efecto analgésico debido a la relajación del tejido muscular que descomprime tejidos adyacentes, haciendo que el umbral del dolor aumente mejorando la circulación y disminuyendo la presión sobre arterias y venas, esto ayuda a disminuir el proceso inflamatorio.
- Osteogénesis, la densitometría ósea permite demostrar fuera de toda duda el importante estímulo trófico que produce la magnetoterapia sobre el tejido óseo, así que en la actualidad está más que demostrado que los campos magnéticos son capaces de inducir la fijación del calcio en el hueso y ello es aplicable en Fisioterapia en la resolución de múltiples patologías.

Una vez explicado cómo es que los campos magnéticos tienen efectos sobre el cuerpo humano, se puede realizar una clasificación de los posibles mecanismos de interacción entre los campos magnéticos y los seres vivos:

Clasificación de los efectos biológicos de los campos magnéticos (SOSA, ESPINOSA, & MORFA, 1996):

1. Efecto de magnetización (efecto primario).
2. Efecto piezoeléctrico (efecto secundario).
3. Efecto metabólico.

Efecto de magnetización (Efecto biológico primario).

- Responsable de la orientación de moléculas y átomos dipolares.
- Se produce sobre elementos con momentos magnéticos "no nulos".

Comprende las siguientes acciones (SOSA, ESPINOSA, & MORFA, 1996):

- Modificación de la permeabilidad de membranas.

Hace que las moléculas pequeñas y moléculas con carga eléctrica neutra atraviesen con mayor facilidad la membrana.

- Estabilización de la bomba de Sodio.

La bomba de sodio ayuda en la producción y transmisión de impulsos nerviosos y en la contracción de las células musculares y se encuentra en todas nuestras membranas celulares. Es el proceso de transportar los iones inorgánicos entre el medio extracelular y el citoplasma.

- Favorecimiento de los procesos de enlace.

Ya que los átomos, moléculas e iones tienen carga eléctrica, ayuda en la transferencia de electrones entre los átomos, logrando que se unan con mayor facilidad.

- Estimulación de la reproducción celular.

Cuando los organismos necesitan crecer o reparar algún tejido dañado, las células se dividen, este proceso se llama mitosis.

- Activación de los sistemas REDOX.

Es la reacción de reducción-oxidación y son reacciones de tipo químico que llevan a la transferencia de electrones entre reactivos (el un elemento libera electrones y el otro los acepta), alterando el estado de oxidación.

Efecto piezoeléctrico (Efecto biológico secundario).

Efecto directo:

Produce la polarización eléctrica de la masa de un cuerpo o la creación de cargas eléctricas en su superficie, cuando se somete a fuerzas mecánicas (SOSA, ESPINOSA, & MORFA, 1996).

Efecto Inverso:

- Deformación de un cuerpo cuando se le somete a un campo eléctrico.
- Orientación arquitectónica de las trabéculas óseas en zonas dañadas.

Efecto Metabólico:

Responsable de todos los procesos trófico-estimulantes y de reparación tisular, mediante (SOSA, ESPINOSA, & MORFA, 1996):

- Control local del riego sanguíneo de cada tejido.
Al tener un control exacto del flujo sanguíneo local, los tejidos casi nunca padecen de una deficiencia nutricional de oxígeno, logrando así que la carga de trabajo del corazón se mantenga al mínimo
- Control nervioso del riego sanguíneo de grandes segmentos de la circulación.
Se basa en que cuanto menor sea la disponibilidad de oxígeno y otros nutrientes en el tejido, mayor será la tasa local de producción de sustancias vasodilatadoras que aumenten el flujo sanguíneo en determinada zona.
- Control humoral de determinadas sustancias que aumentan o disminuyen el riego sanguíneo.

Se basa en la producción de sustancias vasoconstrictoras y vasodilatadoras a nivel local o en glándulas.

2.4 Efectos terapéuticos de los campos magnéticos.

La Tierra con su campo magnético ha contribuido directamente en la construcción de la vida, de los potenciales que esta emana, depende en gran medida la vida de sus habitantes (Zayas J. D., 2002). Como se dijo anteriormente el paso de la electricidad por la materia produce cambios estructurales en ésta. Por ejemplo las partículas de hierro de la sangre reaccionan a los campos electromagnéticos (iones) y pierden capacidad en el transporte y absorción de oxígeno, aumento de colesterol, disminución de plaquetas, etc. La vida se expande gracias a los intercambios químicos – eléctricos que existen en el ambiente y en el interior de los seres vivos (Zayas J. D., 2002). Algunos Físicos sostienen que las condiciones eléctricas y magnéticas ambientales han sido desestabilizadas en pocos años por una multitud de tendidos eléctricos y aparatos de accionamiento eléctrico que generan contaminación electromagnética y eléctrica, invadiendo el ambiente e incluso el interior de nuestro cuerpo (Zayas J. D., 2002).

Con cualquier corriente alterna se genera un campo electromagnético adyacente a la onda eléctrica que avanza en la misma dirección. El potencial de dicho campo es proporcional a la corriente o carga eléctrica en movimiento que lo origina. Las leyes de la mecánica ondulatoria incluyen a las radiaciones como ondas, ya que se comportan como tales (Zayas J. D., 2002). A las ondas electromagnéticas se les asigna doble naturaleza de partícula y de onda. El número de veces que se repite una onda por segundo es la frecuencia de la misma, a cada ciclo u onda se le ha dado en llamar "Hertz" (Hz). Existe una amplia variedad de ondas con frecuencias y longitudes distintas desde las ondas de radiodifusión, telecomunicaciones, infrarrojos, ultravioletas, rayos X, radiaciones gamma, hasta la magnética pura de frecuencias infinitas. La corriente continua pura no tiene ningún tipo de frecuencia, es una línea continua (Zayas J. D., 2002).

El cuerpo humano está compuesto por billones de células, estas son la base y sustento físico y psíquico de nosotros mismos. Se ha comprobado que son receptivas

a las ondas electromagnéticas; de hecho, las mismas células son receptoras y emisoras, reaccionando estos campos electromagnéticos de baja intensidad y así se reestructuran ellas mismas desencadenando algún proceso biológico. Los campos electromagnéticos no afectan internamente aunque no todas las personas manifiesten molestias. Los campos electromagnéticos son capaces de traspasar; sin disminuir su potencia; cualquier cosa. A diario somos víctimas inconscientes de campos magnéticos generados por equipos eléctricos o redes eléctricas que nos generan efectos (Zayas J. D., 2002).

Otro fenómeno que nos afecta es la inducción eléctrica, cuando una corriente eléctrica variable circula cerca de otro circuito, provoca en el segundo una corriente eléctrica por inducción, por lo tanto, el propio cuerpo es inducido por cargas eléctricas externas como cualquier circuito eléctrico, de tal forma que, el flujo eléctrico normal del cuerpo también es alterado. Una célula viva, dentro de su equilibrio natural, tiene una carga eléctrica de entre 70 y 90 mili-voltios. Las células pierden vitalidad y hasta pueden llegar a morir cuando su potencial desciende por debajo de los 27 mili-voltios. Cuando nuestro cerebro funciona normalmente produce ondas electromagnéticas desde los 4Hz en horas de sueño y en estados emocionales puede llegar a varios cientos de Hertz. Cuando se ha permanecido extensos momentos cerca de campos magnéticos y eléctricos, es difícil relajarse o conciliar el sueño debido a la inducción (Encalada, 2015).

Partiendo de la síntesis del ADN, las células humanas pueden llegar a copiarse a sí mismas hasta unas 50 veces desde su nacimiento hasta su muerte. Se ha comprobado que células bajo efectos de campos electromagnéticos tienden a producir una mayor cantidad de ADN, con lo que se logra acelerar las auto-copias y se acorta el tiempo de vida de las células originales. Una de las mayores fuentes de contaminación electromagnética viene de las distorsiones armónicas que son infinitas cantidades de corrientes con una variedad infinita de frecuencias. Las corrientes distorsionadas se originan en los equipos electrónicos que absorben corriente de la red y rompen la onda principal, esto hace que aparezcan infinitas ondas distorsionadas que se suman a la principal (Encalada, 2015).

Esta infinidad de corrientes de distintas frecuencias y diferentes potenciales generan también un infinito número de campos electromagnéticos de radiaciones que interfieren en los procesos del cuerpo humano. Al explicar todo esto se busca hacer entender que las células son antenas receptoras, por lo que se debe tener mucho cuidado con las corrientes inducidas que se reciben a diario por los perjuicios que estas puedan generar. Lo importante sería recibir frecuencias que sintonicen con el ser humano para evitar todas las consecuencias de dichas distorsiones (Encalada, 2015).

2.5 Ventajas de la magnetoterapia.

El gran atractivo que tiene la magnetoterapia radica en primer lugar en la comodidad de aplicación casi careciendo de contraindicaciones, en segundo lugar, el hecho de que nuestros tejidos al ser completamente permeables a cualquier campo magnético, se puede actuar sobre ellos desde el exterior con un campo magnético exógeno generado por un electroimán activado por la corriente producida por un equipo electrónico. Además tiene ventaja de tener una influencia eminentemente fisiológica que estimula al organismo en el sentido de su propia sanación. El objetivo de esta terapia no es sustituir a otra, sino más bien, se complementa con otras terapias o tratamientos. Su ejecución es sencilla y rápida tanto para el paciente como para el fisioterapeuta. No necesita tener un contacto directo con el cuerpo del paciente para que haga efecto, tiene un elevado poder de penetración, los efectos obtenidos siempre perduran más allá del fin del tratamiento (Guillén, 1985).

También existen ventajas en algunas situaciones diarias para el profesional de la terapia física que también son necesarias mencionar, como es el caso de que se puede realizar el tratamiento sin ningún problema aunque exista la presencia de un inmovilizador de yeso u otro material, debido que los campos magnéticos por su naturaleza atraviesan casi todas las estructuras, esto es importante ya que con presencia de lesiones de la piel se previene casos de sepsis que pueden afectar la salud del paciente. En el caso de fijadores externos (al ser estos metálicos), no existe contraindicaciones de su uso, por el contrario aceleran la evolución y previenen al paciente de posibles fístulas o sepsis a nivel de las entradas de estos fijadores. Al igual que el caso anterior, pasa lo mismo con la presencia de prótesis implantadas en

el cuerpo mejorando la situación del tejido conectivo y la fisiología muscular. Es una terapia muy útil en lugares o situaciones en donde no exista la posibilidad de utilizar técnicas o terapias más caras (Guillén, 1985).

A continuación, se muestra las ventajas que tiene la magnetoterapia en diferentes campos pero con información más detallada (Guillén, 1985):

Analgésico:

Tiene una acción estimulante en la producción de sustancias mediadoras de la sensibilidad dolorosa (endorfinas).

Antiinflamatorio:

Tiene una importante acción vasodilatadora y reguladora de la bomba de sodio – potasio.

Cicatrizante:

Acción hiperemiante, aceleradora del proceso de mitosis (formación de células nuevas en los distintos tejidos) y por estimulación fibroblástica.

Anti estrés:

Funciona como estabilizador del sistema nervioso central autónomo.

Antioxidante:

Por la estimulación de las metal enzimas se bloquean a los radicales libres.

Diurético:

Aumento de la emisión de orina.

Osteogénico:

Particularmente benéfico en los procesos de fracturas, retardo de consolidación y pseudoartrosis.

Ya que la magnetoterapia tiene todas estas ventajas, hay múltiples patologías que se benefician con su tratamiento. A continuación se muestra una lista con las más comunes:

Osteoporosis: Se aprovecha el efecto regenerador sobre el tejido óseo.

Artrosis: Tanto el efecto antiinflamatorio como calmante del dolor es muy eficaz en esta patología degenerativa.

Artritis: Al igual que en la artrosis, la artritis se beneficia de los efectos antiálgicos y antiinflamatorios.

Neuralgias: La activación del trofismo, mejora la regeneración del tejido nervioso.

Cervicalgia: Se calma el dolor y se consigue disminuir el proceso inflamatorio local.

Fracturas: Activación de los osteoblastos que contribuyen a aumentar la densidad de tejido óseo y con ello favorece la consolidación de las fracturas.

Asma bronquial: Se provoca una relajación del tejido afectado.

Fibromialgia: La magnetoterapia es un buen aliado contra la fibromialgia, ya que permite tratar amplias zonas y los efectos relajantes, antiinflamatorios y activación de la circulación, son capaces de mejorar los síntomas.

Síndrome del túnel carpiano: Como en cualquier otro síndrome de atrapamiento, la magnetoterapia actuará como un eficaz antiinflamatorio local, disminuyendo la presión sobre el tejido y favoreciendo de este modo una rehabilitación más temprana.

Lumbalgia: dorsal, contracturas, tendinitis, etc.

Estas son unas cuantas patologías de las tantas que se pueden tratar con magnetoterapia, ya que hoy en día se ha comprobado que la aplicación de esta terapia sobre los diferentes sistemas que contiene el cuerpo humano y debido a sus potentes efectos más medicamentos, ayudan a mejorar a personas enfermas.

Las únicas contraindicaciones formales del campo magnético, se refiere a los pacientes portadores de marcapasos cardíacos y a mujeres en estado de gestación.

2.6 Frecuencia que se utiliza en la magnetoterapia.

Investigaciones recientes indican que cuando un campo magnético positivo penetra el organismo, los iones positivos intracelulares se desplazan a través de la membrana, al mismo tiempo los iones negativos extracelulares son atraídos al interior de las células con lo que se favorece la re-polarización celular y como consecuencia la normalización de los potenciales de la membrana. La velocidad con la que se transfieren los iones, depende directamente de la frecuencia (Martín & García, 2008).

Las frecuencias mayores a 10 Hz, producen vasos de dilatación capilar que provoca el incremento de oxigenación de los tejidos del organismo, estas frecuencias se utilizan para problemas circulatorios, tratamientos de dolor y regeneración nerviosa. Las frecuencias de 5Hz y 10Hz, se utilizan para tratar patologías inflamatorias, ya sean agudas o crónicas, artrosis y fracturas no consolidadas (Martín & García, 2008). A estas frecuencias, el cuerpo produce endorfinas y derivados moduladores de la sensibilidad, lo que destaca su efecto analgésico. En la actualidad, la frecuencia empleada para la generación de campos magnéticos terapéuticos va desde 1 a 100Hz y es la llamada baja frecuencia (Martín & García, 2008). También se utiliza magnetoterapia a alta frecuencia con rangos que van desde los 100Hz hasta los 8000Hz siendo transmitida a impulsos variables en el tiempo en función de cada patología. La diferencia entre alta y baja frecuencia es fundamentalmente que la baja a demostrado su poder de regeneración, vasodilatación, etc., mientras que la alta frecuencia posee menos capacidad de penetración y su uso es más apropiado para mitigar el dolor producido por anomalías del sistema nervioso (Martín & García, 2008).

Para el tratamiento médico generalmente se utilizan campos magnéticos variables, de baja frecuencia y de baja intensidad. Por campos magnéticos variables entendemos aquellos cuya intensidad varía respecto al tiempo. En cuanto a la baja intensidad, el máximo valor a utilizar son 100 Gauss. El uso de la alta frecuencia es para uso en zonas concretas y específicas como son las zonas de tejidos blandos no profundas, así como para tratamientos de dolor local y agudo, para estos casos la alta frecuencia ofrece resultados más rápidos y exitosos. Los tratamientos en consultorio se dividen

en series completas por un número estimado entre 8 y 16 sesiones, divididas en frecuencias de uno a tres veces por semana, según se trate de presentaciones agudas o crónicas. El tiempo de aplicación de los campos magnéticos puede variar entre 30 y 45 minutos, cuando se emplean una potencia alta en Gauss. La frecuencia ideal es de tres aplicaciones diarias de 30 minutos. Los electroimanes portables facilitan la continuidad y frecuencia de las aplicaciones. Los controles en la consulta médica, pueden realizarse una vez a la semana, hasta comprobar la remisión de los síntomas (Martín & García, 2008).

CAPITULO III

DISEÑO DE DISPOSITIVO DE REHABILITACIÓN

La finalidad de esta tesis es diseñar y construir un equipo para rehabilitación física sobre la base de la aplicación de campos magnéticos, que sea fácil de usar, portátil, tanto para baja como media frecuencia y de baja intensidad. Debe tener la capacidad de cubrir las necesidades de profesionales encargados de la rehabilitación en los tratamientos de patologías que sufre el cuerpo humano, con tendencia a aliviar más las patologías traumatólogicas y la relajación muscular. Se busca obtener un equipo que sea liviano, asequible de bajo costo de tal forma que su costo de amortización no sea mayor, beneficiando de alguna forma a los pacientes.

3.1 Explicación Esquemática del funcionamiento del Dispositivo.

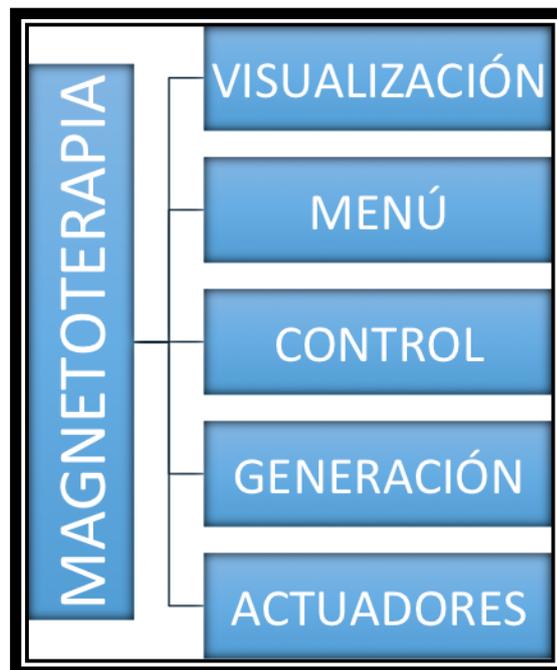


Figura 3.1 Diagrama de bloques del Dispositivo.

Como se muestra en la figura anterior, el dispositivo consta de cinco etapas, las cuales funcionan en secuencia de la siguiente manera:

1. Al encender el dispositivo en la pantalla se visualiza un saludo inicial, esto asegura que el equipo arrancó correctamente.

2. Luego del saludo inicial, se visualiza el menú de funciones del dispositivo, que permite escoger los parámetros de frecuencia, densidad de campo magnéticos y el tiempo de aplicación.
3. Por medio de un teclado tipo táctil, se puede elegir los parámetros para los diferentes tratamientos y poner en marcha la terapia.
4. El sistema genera una señal en función de los parámetros escogidos, señal que alimenta a los actuadores.
5. Los actuadores, que en este caso son electroimanes que generan campos magnéticos, se conectan a las salidas del dispositivo de control, estos electroimanes se ubican sobre el cuerpo del paciente a distancias que el profesional de la fisioterapia conoce.

Como se observa en párrafos anteriores se ha dado una breve explicación del funcionamiento del equipo, en los siguientes puntos se profundizará el tema a detalle.

3.2 Programación y funcionamiento pantalla LCD.

Para esta etapa, se va a utilizar una pantalla modelo KS 108, que es una pantalla gráfica de cristal líquido que está formada por una matriz de píxeles monocromos, utiliza controladores embebidos, tiene una memoria RAM interna del mismo tamaño de la pantalla que en este caso es de 128 píxeles de largo x 64 píxeles de ancho; es decir; el tamaño de la memoria RAM de esta pantalla es de 128x64, para su configuración y utilización se utiliza microcontroladores, es de bajo consumo, contiene dos controladores internos (KS0108B y KS0107B), se programará para primera instancia visualizar el saludo inicial y el menú de funciones del equipo (Datasheet, 2016). Las líneas de programación se pueden observar en el anexo 1. La descripción de los pines de conexión es la siguiente (Datasheet, 2016):

- PIN 1: VSS (Conexión a tierra).
- PIN 2: VDD (Conexión de alimentación ± 5 V).
- PIN 3: V0 (Voltaje de salida negativa).
- PIN 4: D/I (Datos de E/S para el cambio de registro).
- PIN 5: R/W (Determina si los datos se van a leer o escribir).
- PIN 6: E (Habilita la comunicación con el LCD).
- PIN 7 - 14 (Especifica un dato de 8-Bits de información).

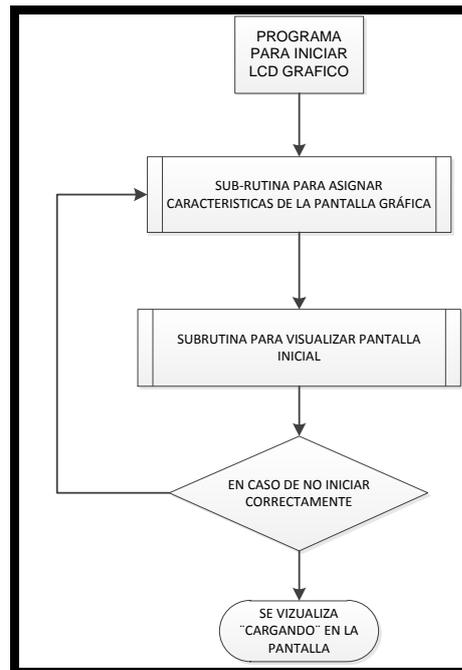


Figura 3.3 Diagrama de bloques explicativo del funcionamiento del LCD.

3.3 Esquema de funcionamiento y programación del menú de funciones.

Una vez iniciada la pantalla, pasamos a la visualización de una frase inicial que nos indica que el dispositivo arrancó sin ningún problema. La codificación de dicha frase inicial se puede observar en el anexo 2. En la siguiente ilustración se puede observar la pantalla inicial una vez que le damos marcha al equipo.



Figura 3.4 Pantalla de inicio del equipo.

A continuación se podrá visualizar el menú de funciones del dispositivo, a más de, la fecha y la hora actualizada, se podrá observar un menú por cada salida, que, funcionan independientemente de tal forma que se puede tratar a dos pacientes a la

vez. Las líneas de programación para esta etapa del equipo, están en el anexo 3. En la siguiente figura se presenta el diagrama de bloque del menú de funciones:

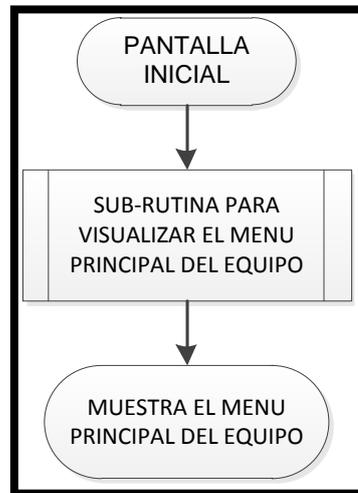


Figura 3.5 Diagrama de bloque del Menú Principal.

Para controlar la pantalla y realizar el menú de funciones del equipo, se utilizó un pic 18F452, ya que tiene más capacidad de memoria y la gráfica realizada utiliza muchos recursos de memoria. Este microcontrolador tiene las siguientes características (Datasheet, 2016):

- Arquitectura RISC (Reduced Instruction Set Computer).
- Juego de instrucciones reducido para ejecución rápida.
- Oscilador de hasta 40Mhz.
- Está optimizado para compilación desde lenguaje C.
- Su reloj puede trabajar encima de 10 MIPs (10 Millon Instructions Per second).
- Cristales de 4MHz a 10MHz utilizando un multiplicador de frecuencia PLL.
- Instrucciones de 16 bits con bus de datos de 8 bits.
- Prioridad de interrupciones.
- Multiplicador de hardware de 8x8 que funciona en un solo ciclo de máquina.
- Tres pines para manejo de interrupciones externas.
- Dos módulos de captura/comparación/PWM.
- Módulo de comunicación serial con soporte para RS-485 y RS-232.

El siguiente gráfico muestra la configuración de pines del PIC 18F452:

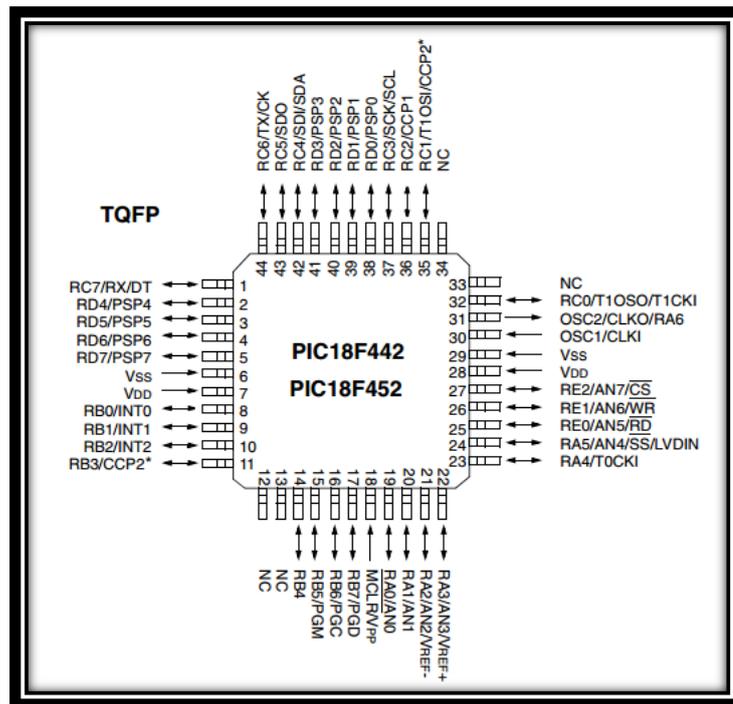


Figura 3.6 Datasheet PIC 18F452

Fuente: (Datasheet, 2016).

El circuito que se diseñó para la utilización del microcontrolador se muestra a continuación:

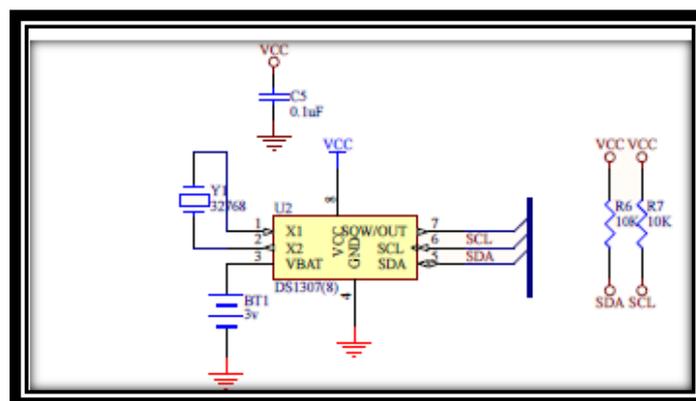


Figura 3.7 Circuito del microcontrolador.

Por lo expuesto, el menú principal del equipo en funcionamiento se puede observar en la siguiente figura:



Figura 3.8 Menú principal del equipo.

3.4 Diagrama de programación y funcionamiento de la parte de control del dispositivo.

La etapa de control es la parte primordial para interactuar con todo lo visualizado en el menú, se lo realiza con el PIC 18F452, que se utiliza también para controlar el display y para realizar el menú de funciones. En este segmento, se va a tener varias rutinas de programación ya que como se indicó anteriormente, genera la comunicación con el equipo y ser visualizado en la pantalla. Se controla: la configuración de la hora y fecha (anexo 4), el botón de elección de tiempo, intensidad de campo magnético y frecuencia (anexo 5); y los botones de mando para dar marcha a la terapia (anexo 6). En siguiente figura se explica mediante diagrama de bloques, la programación de la visualización de la hora y fecha.

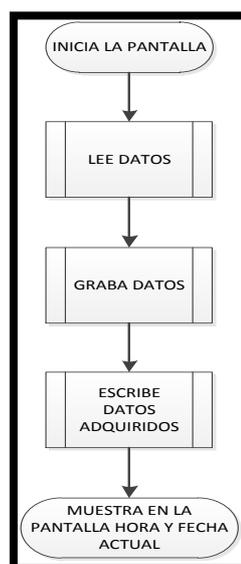


Figura 3.9 Diagrama de bloques del reloj y fecha.

Para controlar los botones para incrementar o decrecer los valores a escoger de tiempo, frecuencia y corriente magnética, se realizó dos rutinas: la una para botón de subida y el otro para botón de baja; se puede revisar estas rutinas en el anexo 7. A continuación se explica cómo funcionan las funciones de incrementar y decrecer:

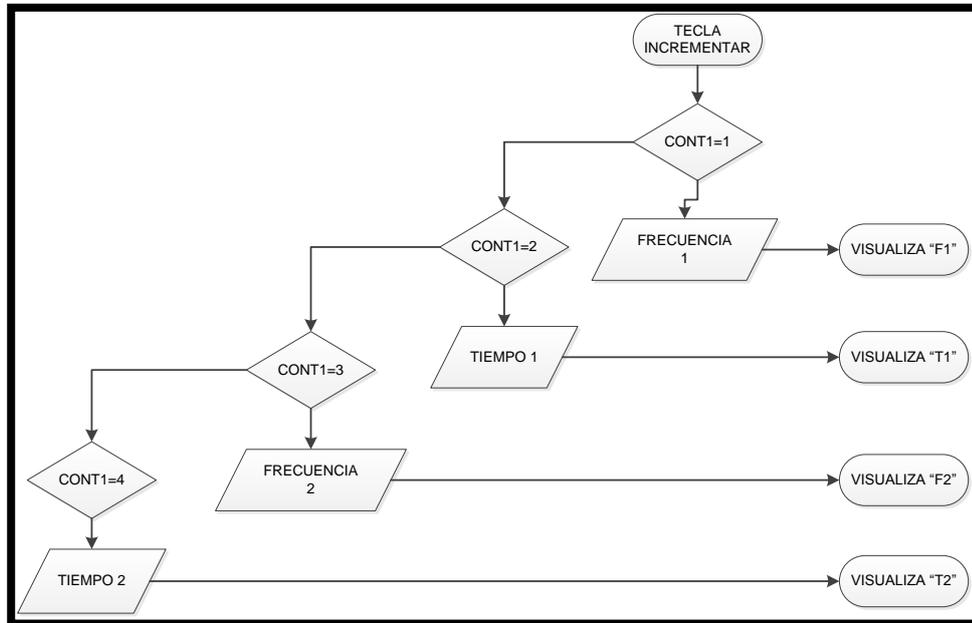


Figura 3.10 Diagrama de bloques función incrementar.

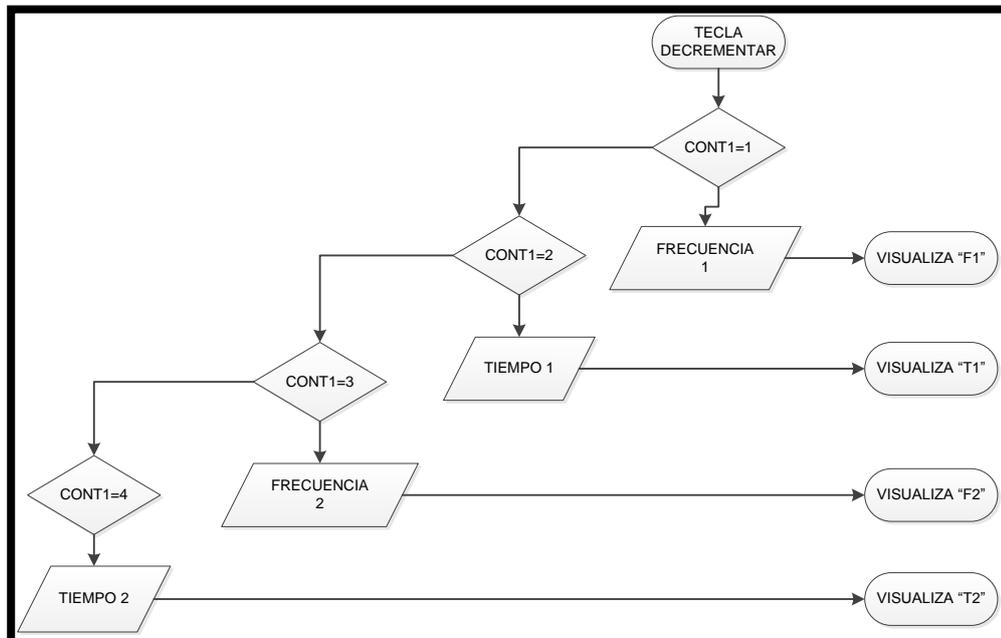


Figura 3.11 Diagrama de bloques función decrecer.

Los botones, fueron creados con un sensor capacitivo TTP229-BSF, diseñado específicamente para botones de pulsación, construido para regular el sensor de contacto. El método de detección estable puede cubrir condiciones diversas. El panel de instrumentos de interfaces de usuario se conecta a través del material dieléctrico no apropiado. La aplicación principal se enfoca en la sustitución del interruptor mecánico o botón. El Ton Touch puede manejar independientemente desde los 8 hasta 16 botones táctiles (Datasheet, 2016). El esquema de pines del Ton Touch se muestra a continuación:

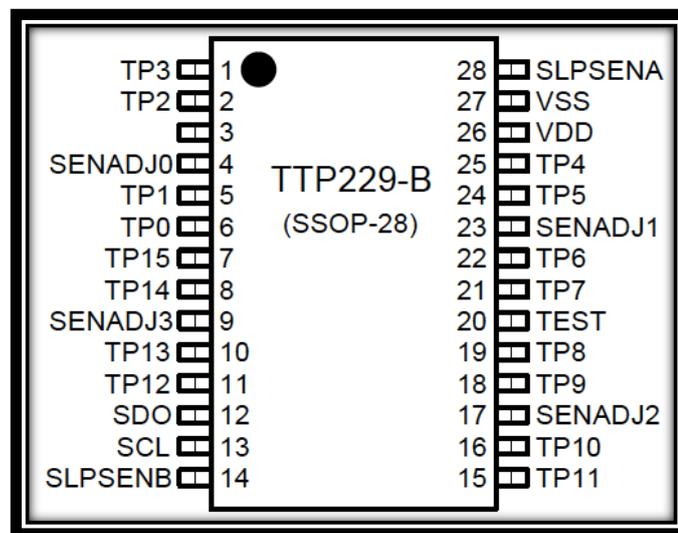


Figura 3.12 Datasheet TTP229-BSF

Fuente: (Datasheet, 2016).

Para este caso vamos a emplear 5 botones táctiles. El circuito diseñado es el siguiente:

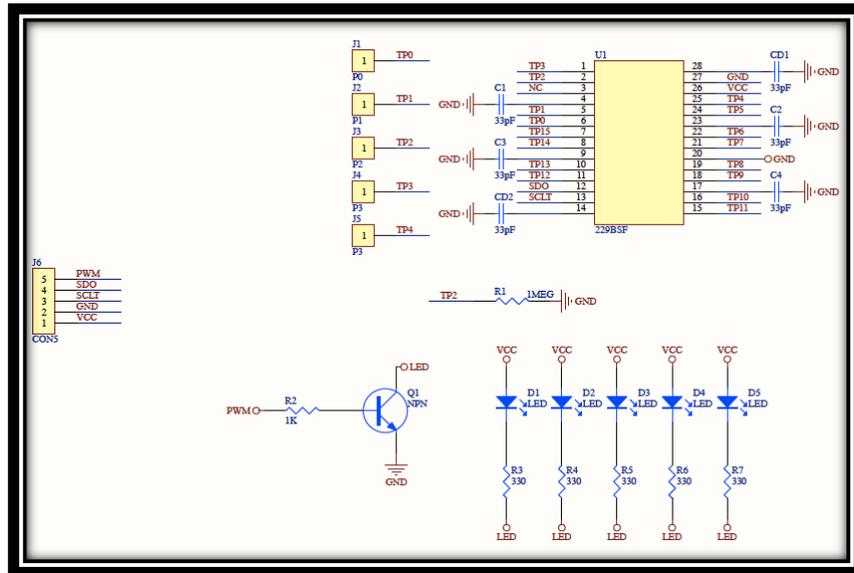


Figura 3.13 Diseño de los botones.

Una vez que se ha escogido el tiempo que va a durar la terapia, se da el SET de carga de tiempo, realizándose el mismo procedimiento tanto para la frecuencia como para la intensidad de campo magnético (anexo 8). Se puede también controlar los botones para activar o desactivar los canales ya que el dispositivo está diseñado para que se pueda brindar terapia a dos pacientes al mismo tiempo y con diferentes parámetros. En los siguientes gráficos se muestran los diagramas de bloques para controlar todos estos parámetros:

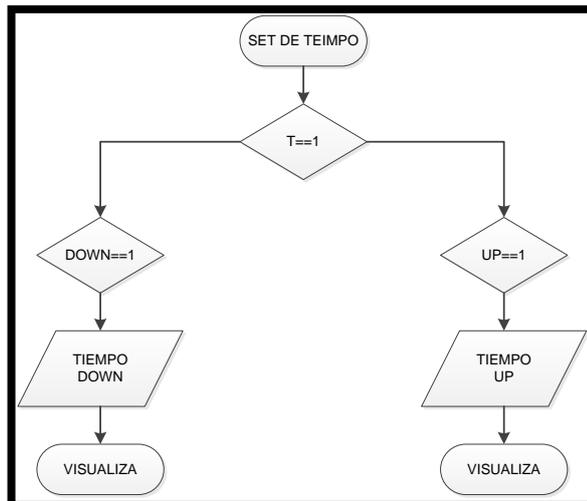


Figura 3.14 Diagrama de bloques set de tiempo.

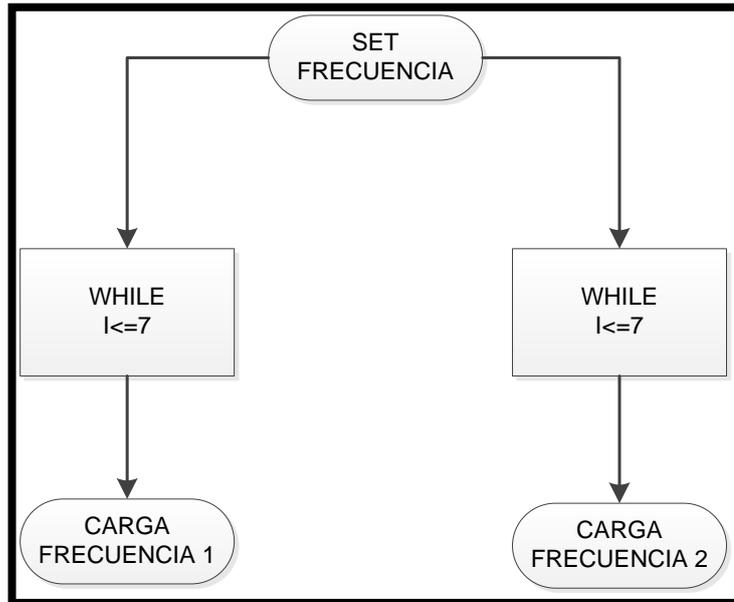


Figura 3.15 Diagrama de bloques set de frecuencia.

En la próxima ilustración se muestra el circuito diseñado y construido para el control de los parámetros ya explicados.

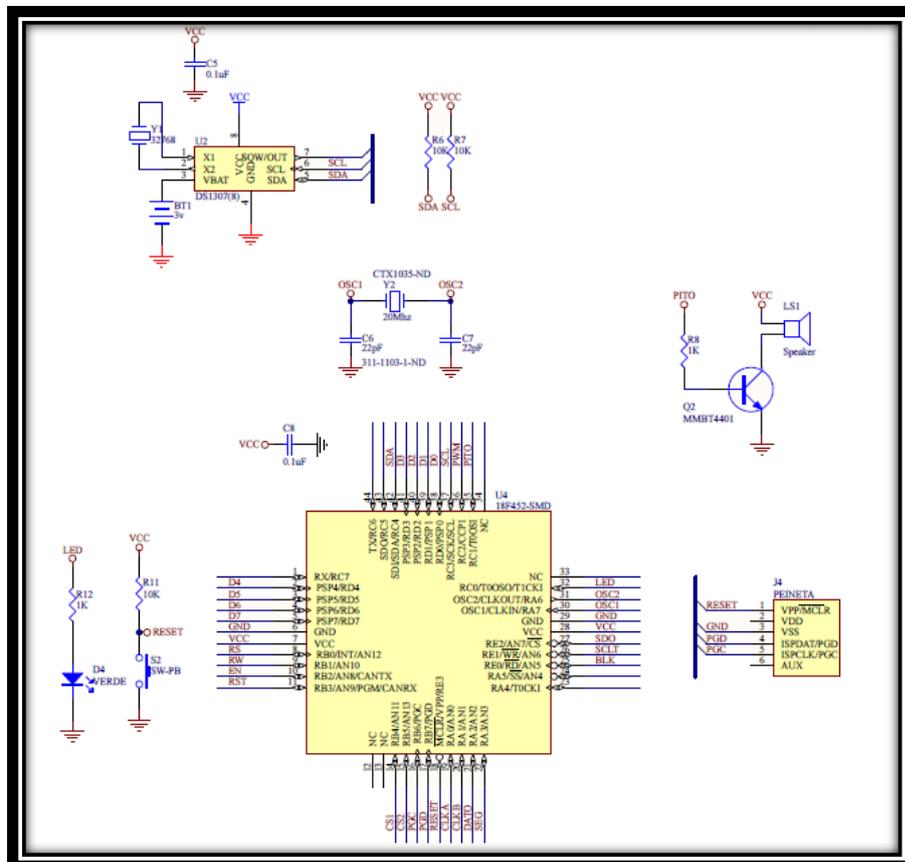


Figura 3.16 Circuito para control de parámetros.

En el circuito del speaker, se utilizó una resistencia de $1K\Omega$ que hace que el transistor Q2 se cierre para que funcione el pito.

3.5 Esquema de programación y funcionamiento del generador de ondas.

El generador de ondas, es la parte del equipo que da la señal a los electroimanes. Mediante el PWM (Power Wave Modulation - Modulación por Ancho de Pulso) del dsPIC se genera una señal pulsante, cuadrada, que va varía entre 60Hz y 360Hz, con una corriente de salida variable, de tal manera que se pueda modular la intensidad de campo magnético. Para realizar esta fase, se utilizó un dsPIC 30F2010 para cada canal, porque trabaja más rápido que un pic, por sus timmers independientes y porque al tener una sola pantalla, no interrumpe a los PWM. Un dsPIC es el nombre genérico que se utiliza para referirse a los controladores digitales de señales, que facilitan el proceso de cambio a las aplicaciones de los procesos digitales de señales, que proporcionarán en los próximos años un crecimiento en áreas como las comunicaciones, sensores, procesamiento de imágenes y sonido, procesamiento matemático de señales, control de motores, bioelectrónica, los sistemas multimedia, automatización y el internet. Tienen la capacidad de manejar digitalmente las señales analógicas del mundo real como el sonido y la imagen (Datasheet, 2016).

En resumen se puede decir que, los dsPIC son microcontroladores dotados de recursos físicos y lógicos necesarios para poder soportar las aplicaciones específicas del procesamiento digital de señales. Los dsPIC necesitan un solo ciclo de máquina para ejecutar instrucciones aritméticas complejas, dispone de conversores AD rápidos y precisos, están preparados para ser programados en lenguajes de alto nivel como el C, su velocidad y rendimiento son superiores a los habituales en los microcontroladores (Datasheet, 2016). A continuación se enlistan características de los dsPIC de la familia 30F2010 (Datasheet, 2016):

- Memoria de programa FLASH de 12Kb – 144Kb.
- Memoria de datos RAM 512Bytes – 8Kb.
- Memoria de datos EEPROM de 1Kb – 4Kb.
- Pines de encapsulado de 18 – 80 pines.
- Tiene hasta 5 temporizadores de 16 bits.

- Módulo de captura de hasta 8 entradas.
- Módulo comparador/PWM hasta de 8 salidas.
- De 6 a 8 módulos PWM de control de motores.
- Conversor A/D de 10 bits de 500 kbps hasta de 16 canales.
- Conversor A/D de 12 bits de 100 kbps hasta de 16 canales.
- UART 1 – 2.
- SPI (8 – 16 bits) 1 – 2.
- Un módulo I^2C .
- Un QEI.
- Un interfaz CODEC.
- 1 – 2 CAN.

En la siguiente figura se muestra la distribución de los pines de dsPIC utilizado para el generador de frecuencia:

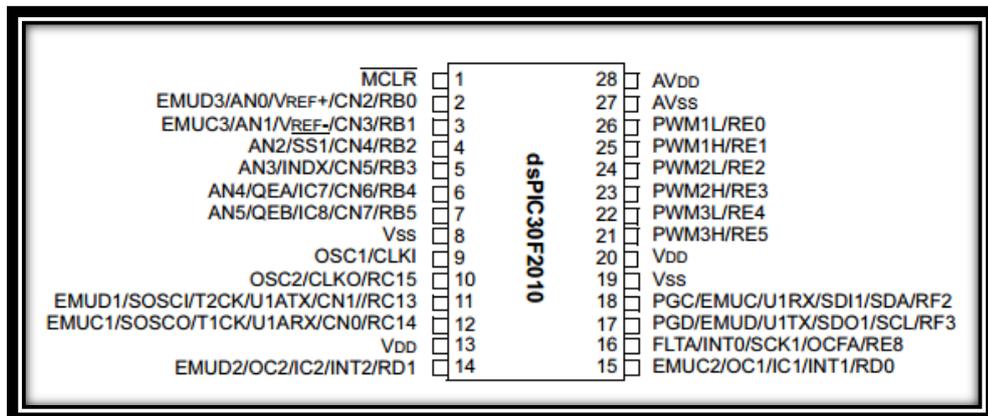


Figura 3.17 Datasheet dsPIC 30F2010

Fuente: (Datasheet, 2016).

Una vez explicado las características de los dsPIC, en el siguiente flujograma se presenta el funcionamiento de esta parte del equipo de magnetoterapia; las líneas de programación se encuentran en el anexo 9.

N de vueltas, ya que la corriente I va a variar, la densidad de campo magnético β también va a variar puesto que son directamente proporcionales; por lo tanto, la única variable por saber es el número de vueltas que tendrá la bobina. La fórmula utilizada de la que se partió para obtener N es la siguiente:

$$\beta = \frac{\mu_0 NI}{2(R_2 - R_1)} \left\{ \ln \frac{(R_2 + \sqrt{L^2 + R_2^2})}{(R_1 + \sqrt{L^2 + R_1^2})} \right\} \quad (\text{Narváez Espinoza, 2006})$$

Esta es la fórmula para el cálculo de la densidad de campo magnético producido por una bobina multi-capa, cuya deducción de fórmula se encuentra en el Anexo 10. De esta fórmula se despeja N, valor que es necesario encontrar para poder construir las bobinas.

Dado que R_1 , R_2 y L de la fórmula [6] son constantes, podemos afirmar que:

$$\left\{ \ln \frac{(R_2 + \sqrt{L^2 + R_2^2})}{(R_1 + \sqrt{L^2 + R_1^2})} \right\} = C$$

entonces:

$$\beta = \frac{\mu_0 NI}{2(R_2 - R_1)} C$$

Con esto obtenemos que:

$$2\beta(R_2 - R_1) = \mu_0 NIC$$

Por lo tanto:

$$N = \frac{2\beta(R_2 - R_1)}{\mu_0 IC}$$

Aplicando la ecuación anterior se procede a determinar N sustituyendo los siguientes datos:

β = Densidad de campo magnético (Teslas o Gauss).

μ_0 = Permeabilidad del aire ($4\pi 10^{-7} H/m$).

R_1 = Radio interior (0,01m).

R_2 = Radio exterior (0,035m).

L = Longitud de la bobina (0,015m).

I = Corriente que circula por la bobina que en este caso es la corriente que está a la salida del oscilador (1.44A por salida).

Ahora reemplazamos estos valores en la ecuación:

Si $C=0.958343889$ y

$$\beta = 0.025 \text{ Teslas,}$$

Tenemos:

$$N = \frac{2 \times 0.025 \times (0.035 - 0.01)}{4\pi \times 10^{-7} \times 1 \times 0.958343889}$$

$$N = 1729.925$$

Por lo tanto necesitamos una bobina con 1730 espiras para obtener una densidad de campo magnético de 200 Gauss. En el Anexo 11, se puede encontrar el diseño de la bobina con sus medidas. El diseño resultante de la bobina es el siguiente:

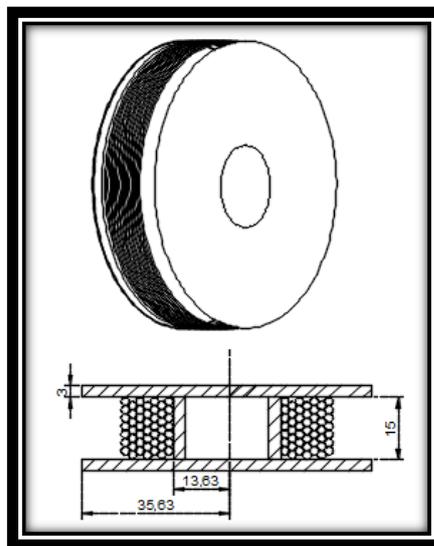


Figura 3.20 Diseño de las bobinas.

El carrete de la bobina se lo va a realizar con grilón, al que se le da forma con un torno. El bobinado se lo realiza con un alambre esmaltado No 30 AWG. La bobina está forrada para evitar el contacto con la piel provista de velcro para la sujeción.

3.7 Lista de Materiales.

Los materiales utilizados para realizar este equipo, son los siguientes:

DESCRIPCION	CANTIDAD
Capacitor 33pF	6
LED	5
P0 Conector	1

P1 Conector	1
P2 Conector	1
P3 Conector	2
CON5 Conector	1
Transistor NPN	1
1MEG Potenciómetro	1
Resistencia 1K Ω	1
Resistencia 330 Ω	5
Pantalla 229BSF Ton Touch	1
Batería de 3V	1
Capacitor de 0.1 μ F	3
Capacitor de 2200 μ F	2
Capacitor de 22pF	6
Capacitor de 0.1 μ F	3
LED	4
DIODO	3
FUSIBLE	2
GLCD	1
CONECTOR POWER	1
BORNERA	3
PICKIT	2
PEINETA	1
Conector	1
Speaker	1
Transistor 2N3904	1
Transistor MMBT4401	1
Mosfet N SUD50N04	2
Resistencia 1K Ω	6
Potenciómetro 10K Ω	1
Resistencia 18 Ω	1
Resistencia 10K Ω	5
Resistencia 100K Ω	2

Pulsantes SW-PB	3
LM2576T	1
DS1307(8)	1
dsPic30F2010	2
18F452-SMD	1
Cristal 32768	1
Cristal 20Mhz	1
Cristal 7.38Mhz	2
Cilindro de grilón	1
Plancha de acrílico.	1

CAPITULO IV

IMPLEMENTACIÓN DE LOS DISEÑOS DE LAS ETAPAS DEL DISPOSITIVO.

Una vez que ya se ha diseñado todas las etapas del equipo, pasamos a implementarlos, para así obtener el producto final que es el dispositivo de terapia física. Para hacerlos se debió comprobar una y otra vez mediante simuladores, haciendo las respectivas pruebas para saber a ciencia cierta que todos los diseños funcionan correctamente, antes de que sean impresos los PCB's y no requerir de modificaciones al hardware. Una vez que se tuvo las tarjetas construidas con los aplicadores, se diseñó una caja muy estética para que el equipo se vea lo mejor posible. Por otra parte también es necesario lograr un buen apantallamiento para evitar que los bobinados que actúan como antenas generen alguna distorsión en los microcontroladores produciendo un mal funcionamiento del equipo; así como también es necesario que esta caja provea de un correcto aislamiento de las partes electrónicas y de los aplicadores. En definitiva, el diseño considera un producto que opere adecuadamente, con las debidas protecciones eléctricas y magnéticas para su correcto funcionamiento, proveyendo de la seguridad necesaria para el paciente que utilice el equipo.

4.1 Implementación de diseño de pantalla LCD.

Para el proceso de implementación del diseño de control de la pantalla en una tarjeta PCB (circuito impreso), mediante el programa Altium Designe, se realizó el ruteado sobre la base del diseño del circuito presentado en el capítulo anterior, el mismo que fue probado en el simulador del programa. Una vez realizadas las simulaciones se comprobó el circuito, esto para evitar errores posteriores al momento de la implementación en la tarjeta. Una vez aprobado el circuito continuamos con la construcción del PCB para la implementación de los componentes de dicho circuito en la tarjeta, el ruteado del circuito se ilustra en la figura 4.1(a); Habiéndose realizado previamente un boceto en 3D del circuito impreso con la pantalla incluida. La figura 4.1 (b) muestra el boceto antes mencionado.

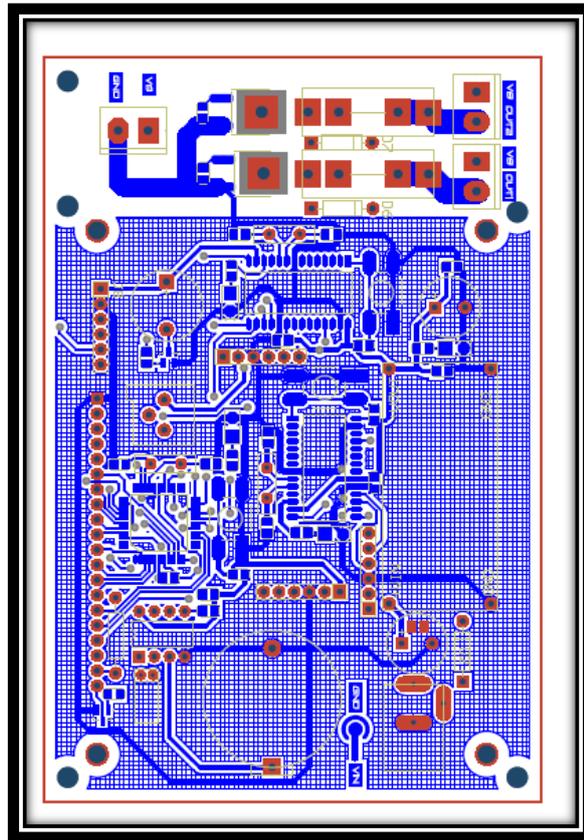


Figura 4.1(a) Imagen del circuito impreso para el control de la pantalla.

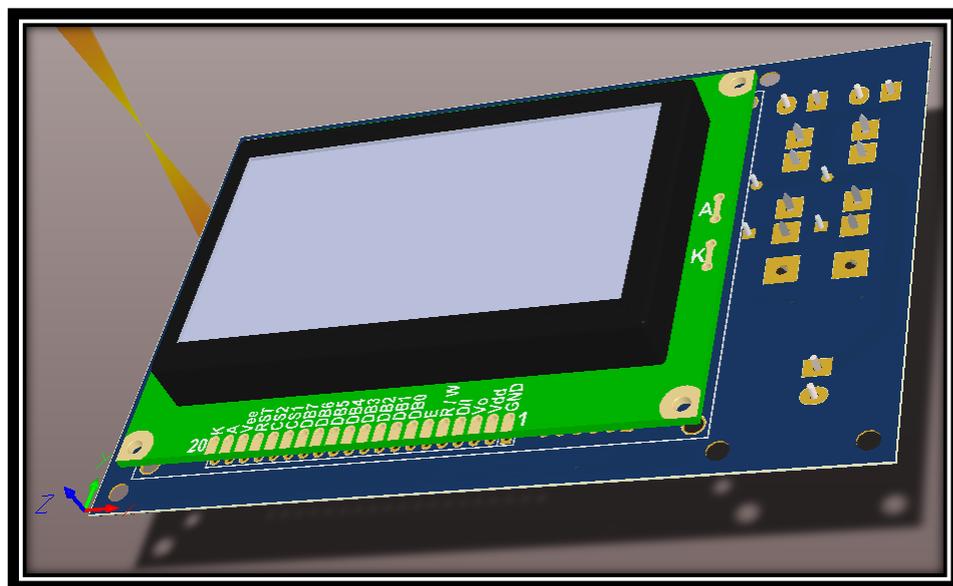


Figura 4.1 (b) Boceto en 3D de la implementación de la pantalla.

Una vez impreso el PCB, procedemos a soldar todos los componentes de manera correcta para evitar problemas o corto circuitos que van a afectar el funcionamiento del dispositivo. Esto se debe realizar con los cuidados respectivos, ya que se puede

romper o despegar el ruteado, o también podría dañarse algún componente por la mala manipulación del mismo.

4.2 Implementación de diseño de menú de funciones.

Para el diseño del menú de funciones, previo a la implementación se elaboró un boceto, el mismo que se muestra en la siguiente figura:

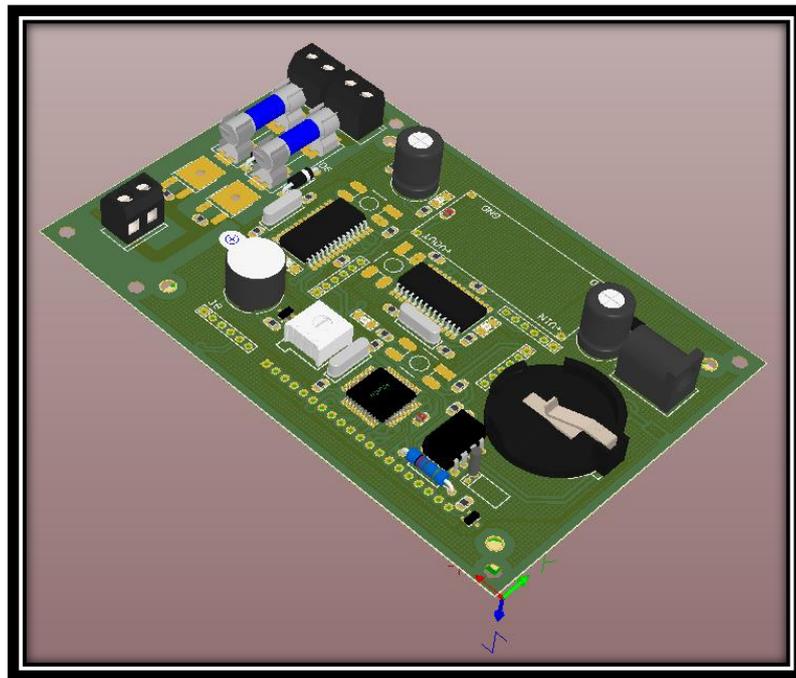


Figura 4.2 Boceto en 3D de la implementación del menú de funciones.

El gráfico anterior, muestra un esquema tentativo de cómo podría quedar el circuito impreso con todos los componentes soldados. En el siguiente gráfico se muestra el diseño final del PCB.

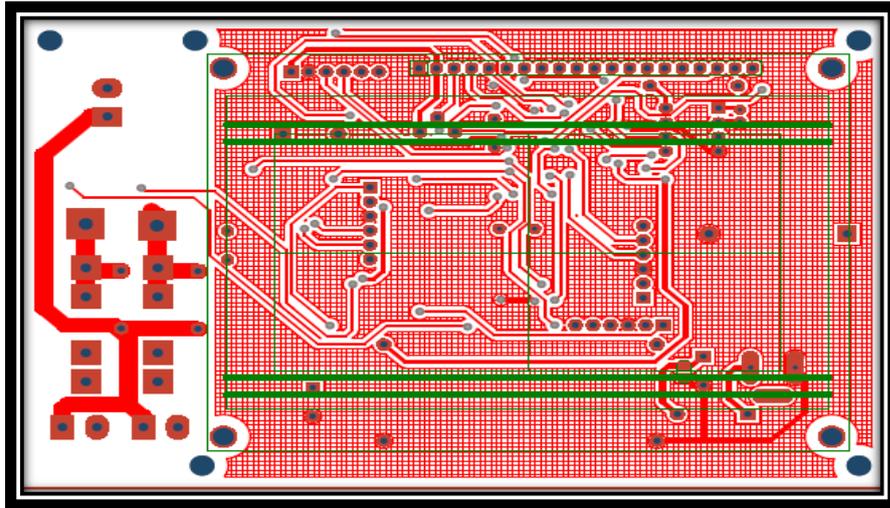


Figura 4.2 Diseño del PCB del menú de funciones.

4.3 Implementación de diseño de la parte de control.

Para la parte del control del dispositivo, se diseñó una especie de touch screen, por medio de un acrílico con el aspecto de un botón sobre una pantalla, la que fue realizada por medio de un PCB doble cara, que está bajo el acrílico. El diseño de este control está en el anexo 12 y el PCB se muestra a continuación:

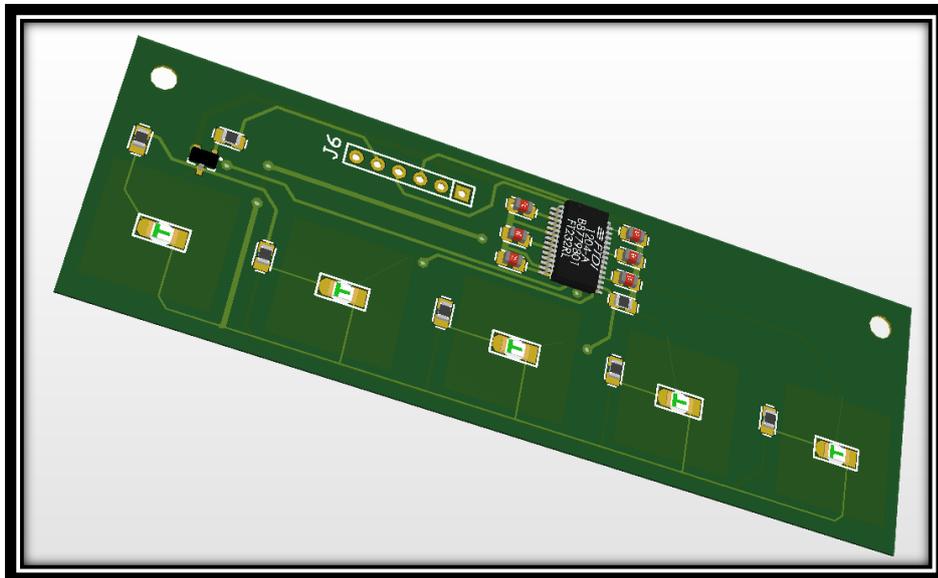


Figura 4.3 PCB del control (cara 1).

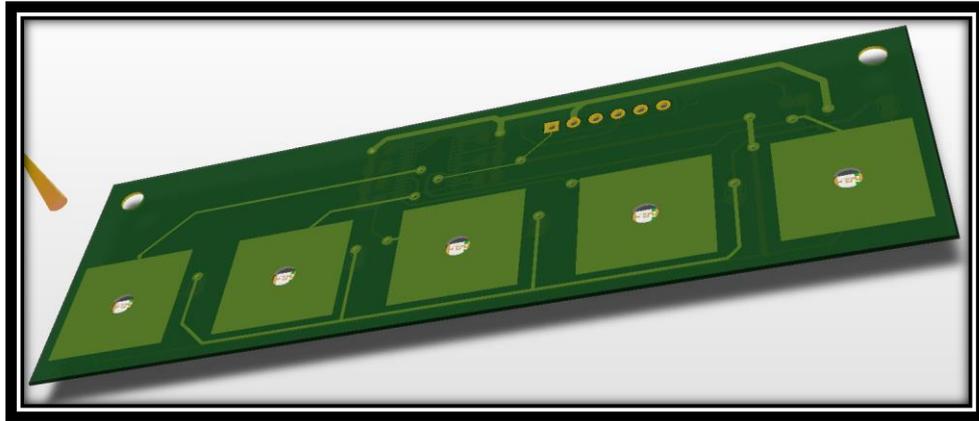


Figura 4.4 PCB del control (cara 2).

4.4 Implementación de diseño del generador de ondas.

El diseño del generador de ondas, está creado en el mismo PCB del menú de funciones. A esta parte de la placa, se le agregó un fusible por cada salida para los electroimanes, como medida de protección del resto de la tarjeta. A continuación se muestra otra perspectiva del PCB.

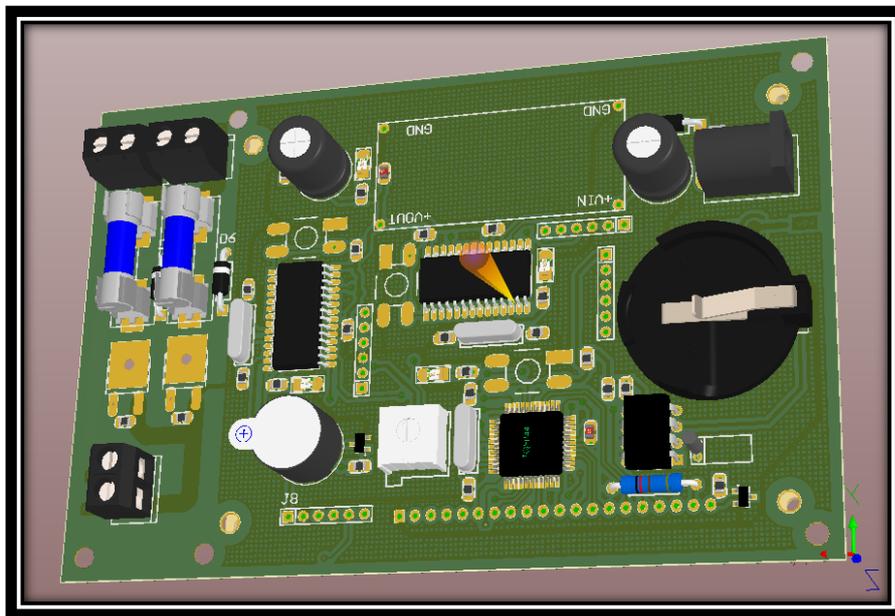


Figura 4.5 PCB del generador de funciones.

4.5 Construcción de electroimanes actuadores.

Para la construcción de los electroimanes, se procedió a bobinar con alambre esmaltado alrededor del carrete cuyas medidas fueron dadas en el numeral 3.6. El

número determinado de vueltas es de 1730. Una vez bobinado, el aplicador quedó como se muestra en la siguiente fotografía:

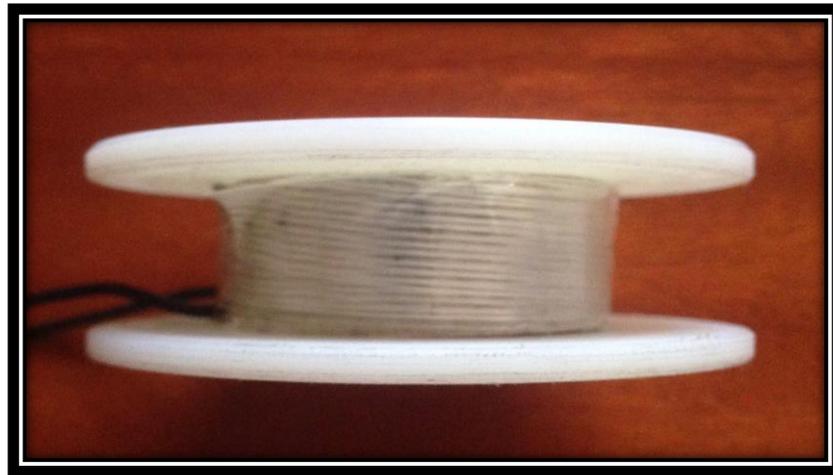


Figura 4.6 Electroimán vista lateral.



Figura 4.7 Electroimán vista superior.

4.6 Construcción de la carcasa.

Para el montaje de los elementos y circuitos se adquirió una carcasa de plástico marca Hammond, en la que se perforó los agujeros para poder acoplar los circuitos,

además del interruptor, el ingreso para el cable de poder y las salidas para las bobinas. El diseño de la placa superior se muestra en la siguiente figura:

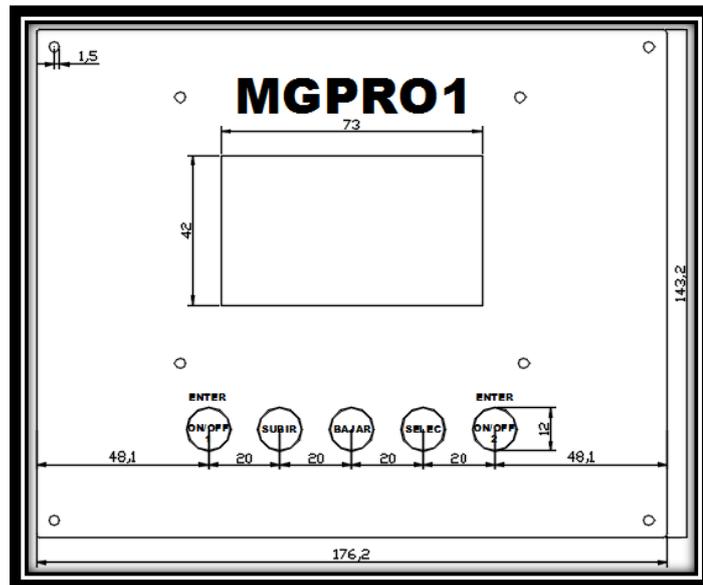


Figura 4.8 Diseño del mando del equipo.

Los diseños de todo lo trabajado sobre la carcasa se encuentran en el anexo 13. La carcasa adquirida se muestra en la siguiente figura:



Figura 4.9 Carcasa adquirida.

CAPITULO V

EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DEL DISPOSITIVO DE REHABILITACIÓN.

5.1 Evaluación del dispositivo con equipos de medición.

Para comprobar el correcto funcionamiento del equipo de rehabilitación física, se utilizó dos tipos de aparatos de medición de campo magnético para garantizar que las mediciones tomadas sean correctas. El primer equipo utilizado fue un gaussímetro marca PASCO, cuyo sensor, conectado por una interfaz a una computadora, tiene la capacidad de medir la fuerza del campo magnético a lo largo de dos ejes perpendiculares Radial y Axial simultáneamente, los elementos de detección del sensor, son dos dispositivos del efecto Hall, orientados perpendicularmente uno al otro y que se encuentran en el extremo de la sonda del sensor. Ofrece un rango de medición que vas desde los -1000 a +1000 gauss. La imagen del sensor se ilustra a continuación:



Figura 5.1 Sensor de campo magnético PASCO.

El otro equipo utilizado fue un teslámetro digital marca PHYWE, que a diferencia del gaussímetro, no es sólo un sensor con interfaz, este es un equipo robusto con display de leds, tiene tres rangos de medición 20 – 200 – 2000 mT, funciona tanto para corriente alterna como para continua. Este dispositivo tiene una salida analógica para la sonda Axial. La fotografía del teslámetro se presenta en la siguiente figura:



Figura 5.2 Teslámetro marca PHYWE.

Comparando las mediciones tomadas, se observó que entre el gaussímetro y el teslámetro existe una mínima diferencia. Las mediciones fueron realizadas en el Laboratorio de Física de la Universidad de Cuenca, donde cuentan con estos equipos de medición. El informe con los resultados obtenidos fue realizado por la Ing. Isabel Cabrera, Técnico Docente del laboratorio de Física de dicha universidad los mismos que se presentan en el anexo 14.

5.2 Prueba del dispositivo con pacientes.

Una vez que se comprobó que el equipo generaba los campos magnéticos variables, se lo utilizó en pacientes con diversos tipos de patologías, con la finalidad de comprobar el correcto funcionamiento al momento de dar la terapia, teniendo precaución de que la bobina no se caliente tanto como para quemar al paciente. Para estas pruebas se recurrió a un fisioterapeuta titulado, el Tecnólogo Edgar Paredes, quien utilizó el equipo para dar varios tipos de terapias según sea el caso, en un número definido de sesiones. Fue utilizado durante 8 días, en los que se probó con pacientes internados en una clínica de la ciudad y con pacientes privados que accedieron a utilizar magnetoterapia. El certificado emitido por el profesional de la fisioterapia se encuentra en el anexo 15. El cuadro de pacientes con su respectivo tratamiento, se detalla en el siguiente cuadro:

PACIENTE	PATOLOGIA	FRECUENCIA	GAUSS	TIEMPO	SESIONES
P1	Artrosis de rodilla	260 Hz	150 Gauss	15 min	8
P2	Codo de tenista	180 Hz	120 Gauss	10 min	5
P3	Fascitis plantar	100 Hz	70 Gauss	6 min	3
P4	Lumbalgias	220 Hz	160 Gauss	6 min	4
P5	Lumbociatalgias	280 Hz	160 Gauss	10 min	5

5.3 Cuadro evolutivo del paciente.

Lastimosamente por falta de recursos no se pudo realizar cuadros comparativos de los diferentes pacientes, ya que para demostrar la evolución del cuadro, se necesita de imágenes médicas como pueden ser rayos X o ecografías con costos que oscilan entre los 30 hasta 80 dólares. También la falta de voluntarios con la misma dolencia, impidió la realización de un cuadro comparativo en el que se demuestre que la utilización de magnetoterapia ayuda a la rehabilitación más rápida y eficaz.

5.4 Evaluación general del equipo.

El dispositivo de rehabilitación física a base de campos magnéticos, funciona de acuerdo a lo propuesto, lo que ha sido demostrado mediante pruebas con aparatos de medición y con pacientes. Es portable y liviano (aproximadamente 1Kg), se puede dar dos terapias a la vez. Tiene las protecciones adecuadas para casos de sobrecargas, está totalmente hermetizado para evitar interferencias de los campos magnéticos sobre los microcontroladores. Tiene un rango de frecuencia que varía desde los 60Hz hasta los 360Hz en pasos de 5Hz, esto hace que se pueda ofrecer diferentes tipos de terapias. La intensidad de campo magnético tiene un alcance máximo de 240 Gauss y un consumo de 1.45A por bobina. Es fácil de usar ya que en la pantalla se visualiza un menú bastante amigable para el usuario. Se le ha dado al equipo buenos acabados para que estéticamente sea atractivo para posibles compradores.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones:

- La magnetoterapia se ha venido utilizando desde tiempos remotos y para diferentes usos, en diferentes países. Desde hace varias décadas, se ha vuelto a realizar todo tipo de investigaciones relacionadas con este tema, a tal punto que se han diseñado dispositivos para realizar este tipo de terapia con diferentes características. En el Capítulo 2, numeral 2.5, se presenta una lista con las enfermedades que se pueden tratar con magnetoterapia, pero no se indica cual es el tratamiento requerido, ya que eso depende del doctor tratante y del fisioterapeuta que trate al paciente.
- El dispositivo de rehabilitación física a base de campos magnéticos fue probado por un especialista en fisioterapia, quien con varios pacientes comprobó el funcionamiento del equipo, brindando varios tipos de terapias para patologías traumatológicas principalmente, dando buenas opiniones, el informe se encuentra en el anexo 15. El equipo funciona de la manera esperada, el menú está bien distribuido en la pantalla, los botones cumplen con su propósito, los electroimanes generan campo magnético pulsante y variable, y lo más importante es que tiene las seguridades pertinentes tanto para el paciente, como para el equipo. Está hermetizado y no hay interferencia en los microcontroladores. Por la versatilidad de su diseño es fácil de usar, es un producto económico en comparación a productos importados según precios investigados en catálogos. De esta manera, podemos concluir que el equipo funciona de la forma esperada.

Recomendaciones:

A continuación se enlistan algunas de las patologías que se pueden tratar con magnetoterapia, también se aprovecha para presentar recomendaciones dadas por un fisioterapeuta para mejorar la terapia:

- **Analgésico:** Tiene una acción estimulante en la producción de sustancias mediadoras de la sensibilidad dolorosa (endorfinas).
- **Antiinflamatorio:** Tiene una importante acción vasodilatadora y reguladora de la bomba de sodio – potasio.
- **Cicatrizante:** Acción hiperemiante, aceleradora del proceso de mitosis (formación de células nuevas en los distintos tejidos) y por estimulación fibroblástica.
- **Anti estrés:** Funciona como estabilizador del sistema nervioso central autónomo.
- **Antioxidante:** Por la estimulación de las metal enzimas se bloquean a los radicales libres.
- **Diurético:** Aumento de la emisión de orina.
- **Osteogénico:** Particularmente benéfico en los procesos de fracturas, retardo de consolidación y pseudoartrosis. Ya que la magnetoterapia tiene todas estas ventajas, hay múltiples patologías que se benefician con su tratamiento. A continuación se muestra una lista con las más comunes:
 - **Osteoporosis:** Se aprovecha el efecto regenerador sobre el tejido óseo.
 - **Artrosis:** Tanto el efecto antiinflamatorio como calmante del dolor es muy eficaz en esta patología degenerativa.
 - **Artritis:** Al igual que en la artrosis, la artritis se beneficia de los efectos antiálgicos y antiinflamatorios.
 - **Neuralgias:** La activación del trofismo, mejora la regeneración del tejido nervioso.
 - **Cervicalgia:** Se calma el dolor y se consigue disminuir el proceso inflamatorio local.

- **Fracturas:** Activación de los osteoblastos que contribuyen a aumentar la densidad de tejido óseo y con ello favorece la consolidación de las fracturas.
- **Asma bronquial:** Se provoca una relajación del tejido afectado.
- **Fibromialgia:** La magnetoterapia es un buen aliado contra la fibromialgia, ya que permite tratar amplias zonas y los efectos relajantes, antiinflamatorios y activación de la circulación, son capaces de mejorar los síntomas.
- **Síndrome del túnel carpiano:** Como en cualquier otro síndrome de atrapamiento, la magnetoterapia actuará como un eficaz antiinflamatorio local, disminuyendo la presión sobre el tejido y favoreciendo de este modo una rehabilitación más temprana.
- **Lumbalgia:** dorsal, contracturas, tendinitis, etc.

BIBLIOGRAFIA

- Cheng, D. K. (1998). *Fundamentos de electromagnetismo para ingeniería*. México: Addison Wesley Longman.
- Cerveron, T. A. (13 de Mayo de 2011). *La Nueva España*. (P. ASTURIANA, Editor, & Prensa ASTURIANA) Recuperado el 19 de Noviembre de 2015, de La Nueva España: <http://mas.lne.es/cartasdeloslectores/carta/7068/campo-magnetico-terrestre-influencia-humano.html>
- Académico, G. (s.f.). *Google*. Recuperado el 10, 11, 12, 13, 14, 15 de noviembre de 2015, de Google: <https://scholar.google.com.ec>
- Barberena, M. (abril de 2001). Obtenido de www.uco.es: http://uco.es/giie/cirweb/teoria/tema11/tema_11_10.pdf
- Buck, W. H. (2007). *Teoría Electromagnética*. México: McGraw-Hill.
- Datasheet. (s.f.). *Free Datasheet Download*. (D. S. Engine, Productor) Recuperado el 16,17,18,19,20 de febrero de 2016, de Datasheet Corporation: <http://www.alldatasheet.com>
- Departamento de Física Aplicada III Universidad de Sevilla. (Noviembre de 2007). Obtenido de www.laplace.us.es: http://www.laplace.us.es/wiki/index.php/Campo_magn%C3%A9tico_de_una_espira_circular
- Encalada, D. T. (10 de marzo de 2015). *Terapia Neural Ecuador*. (D. T. Encalada, Productor) Recuperado el 2 de diciembre de 2015, de Dr. Ricardo Véjar: <http://www.terapianeuralecuador.com.ec/CamposMagneticos.html>
- Escalona, D. F. (s.f.). *Instituto Biocyber*. Recuperado el 21, 22, 23 de 11 de 2015, de Instituto Biocyber: <http://www.biocyber.com.mx/magnetoterapia.htm>
- García, D. J. (s.f.). Efectos y aplicaciones de la Magnetoterapia.
- Guillén, P. M. (1985). Aplicaciones clínicas de los campos magnéticos, magnetoterapia y magnetoosteogenia. *Revista Española de Cirugía Osteoarticular.*, 27, 120-257.
- M, O. (Agosto de 2000). Obtenido de HyperPhysics: <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/magnetic/helmholtz.html>
- Narváez Espinoza, F. R. (2006). *Reingeniería de un equipo electrónico de magnetoterapia para facilitar la circulación y potenciar las defensas inmunológicas en las extremidades de las personas*. Cuenca: EC-CuVUPS.

PIC, m. P. (s.f.). *mikroC PRO for PIC*. Recuperado el 10 de enero de 2016, de <http://www.mikroe.com>

PUBLICACION DE LA DIRECCION GENERAL DE CULTURA Y EDUCACION DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES. (julio de 2007).

Obtenido de www.abc.gov.ar:
http://www.abc.gov.ar/lainstitucion/.../revista/...1P/.../CFS_ES4_1P_u11.pdf

Sánchez, M. Á. (2002). Tratamiento de las fracturas no-uni6n y en el retardo de la consolidaci6n con aplicaci6n de la magnetoterapia. *Revista Mexicana de Medicina F6sica y Rehabilitaci6n.*, 14(1), 26-30.

SOSA SALINAS, U., ESPINOSA RODR6GUEZ, Y., & MORFA VIAMONTES, F. (1996). Uso de la magnetoterapia en afecciones articulares y periarticulares. *Revista Cubana de Ortopedia y Traumatolog6a.*, 10(1).

Universidad de las Islas Baleares. (Mayo de 2004). Obtenido de www.uib.cat:
http://www.uib.cat/depart/dfs/GTE/education/industrial/tec_electronica/teoria/MAGNETISMO.pdf

XIDE, M. . (s.f.). *MPLAB - XIDE*. Recuperado el 5 de enero de 2016, de <http://microchip.com>

Zayas Guillot, J. D. (2001). Magnetoterapia, su aplicaci6n en la medicina. *Revista Cubana de Medicina Militar*, 30(4), 263-271.

Zayas Guillot, J. D. (2002). La magnetoterapia y su aplicaci6n en la medicina. *Revista Cubana de Medicina General Integral*, 18(1), 62-70.

ANEXOS.**Anexo 1. Líneas de programación para iniciar el LCD gráfico.**

```

' */
#define TRUE 1
#define FALSE 0
const unsigned short xColorClear = 0;
const unsigned short xColorSet = 1;
const unsigned short xColorInvert= 2;

const char* xGlcdSelFont;

unsigned short xGlcdX, xGlcdY, xGlcdSelFontHeight,
              xGlcdSelFontWidth, xGlcdSelFontOffset,
              xGlcdSelFontNbRows;

char xGLCD_Transparency;

void xGlcd_Set_Font(const char* ptrFontTbl, unsigned short font_width,
                  unsigned short font_height, unsigned int font_offset)
{
    xGlcdSelFont = ptrFontTbl;
    xGlcdSelFontWidth = font_width;
    xGlcdSelFontHeight = font_height;
    xGlcdSelFontOffset = font_offset;
    xGLCD_Transparency = FALSE; //Transparency of Text is set to False !!!
    xGlcdSelFontNbRows = xGlcdSelFontHeight / 8;
    if (xGlcdSelFontHeight % 8) xGlcdSelFontNbRows++;
}

void xGLCD_Write_Data(unsigned short pX, unsigned short pY, unsigned short
pData)
{
    unsigned short tmp, tmpY, data, dataR, xx, yy;

```

```

if ((pX>127) || (pY>63)) return;
xx = pX % 64;
tmp = pY / 8;
if (tmp>7) return;
tmpY = pY % 8;
if (tmpY) {
    //Write first group
    data = pData << tmpY;
    Glcd_Set_Side(pX);
    Glcd_Set_X(xx);
    Glcd_Set_Page(tmp);
    dataR = Glcd_Read_Data();
    dataR = Glcd_Read_Data();
    if (!xGLCD_Transparency)
        dataR = dataR & (0xff >> (8-tmpY));
    dataR = data | dataR;
    Glcd_Set_X(xx);
    Glcd_Write_Data(dataR);
    //Write Second group
    tmp++;
    if (tmp>7) return;
    Glcd_Set_X(xx);
    Glcd_Set_Page(tmp);
    data = pData >> (8-tmpY);
    dataR = Glcd_Read_Data();
    dataR = Glcd_Read_Data();
    if (!xGLCD_Transparency)
        dataR = dataR & (0xff << tmpY);
    dataR = data | dataR;
    Glcd_Set_X(xx);
    Glcd_Write_Data(dataR);
}
else {

```

```

Glcd_Set_Side(pX);
Glcd_Set_X(xx);
Glcd_Set_Page(tmp);
If (xGLCD_Transparency) {
    dataR = Glcd_Read_Data();
    dataR = Glcd_Read_Data();
    dataR = pData | dataR;
}
else
    dataR = pData;
Glcd_Set_X(xx);
Glcd_Write_Data(dataR);
}
}

```

unsigned short xGlcd_Write_Char(unsigned short ch, unsigned short x, unsigned short y, unsigned short color)

```

{
    const char* CurCharData;
    unsigned short i, j, CharWidth, CharData;
    unsigned long cOffset;

    cOffset = xGlcdSelFontWidth * xGlcdSelFontNbRows+1;
    cOffset = cOffset * (ch-xGlcdSelFontOffset);
    CurCharData = xGlcdSelFont+cOffset;
    CharWidth = *CurCharData;
    cOffset++;
    for (i = 0; i< CharWidth; i++)
        for (j = 0; j<xGlcdSelFontNbRows; j++)

```

void xGlcd_Write_Text(char* text, unsigned short x, unsigned short y, unsigned short color)

```

{
    unsigned short i, l, posX;

```

```
char* curChar;
l = strlen(text);
posX = x;
curChar = text;
for (i=0; i<l; i++){
    posX = posX + xGlcd_Write_Char(*curChar,PosX,y, color) + 1; //add 1 blank
column
    curChar++;
}
}
```

```
unsigned short xGlcd_Text_Width(char* text)
{
    unsigned short i, l, w;
    l = strlen(text);
    w = 0;
    for (i = 0; i<l; i++)
        w = w + xGlcd_Char_Width(text[i])+1; //add 1 blank column
    return w;
}
```

```
void xGLCD_Set_Transparency(char active)
{
    xGLCD_Transparency = active;
}
```

Anexo2. Codificación de saludo inicial y menú principal.

```

////////////////////////////////////
//          MAIN
////////////////////////////////////

void main(void)
{
config();
//rtc_graba();
Glcd_Fill(0x00) ;
Glcd_Write_Text("CARGANDO", 25, 4, 1);
salir=0;
while(salir<50)
{
salir++;
teclado_3();
delay_ms(1);
if (salir==10){
Glcd_Write_Text("CARGANDO.", 25, 4, 1);
}
if (salir==20){
Glcd_Write_Text("CARGANDO..", 25, 4, 1);
}
if (salir==30){
Glcd_Write_Text("CARGANDO...", 25, 4, 1);
}
if (salir==40){
Glcd_Write_Text("CARGANDO....", 25, 4, 1);
}
if (salir==50){
Glcd_Write_Text("CARGANDO.....", 25, 4, 1);
}
}
teclado_2();

```

```

}
}
ver_menu();
seleccion();
while (1)
{
read();
rtc_read();
teclado();
cuenta_tiempo();
}
}
/////////////////////////////////////////////////////////////////
//          VISUALISADOR          //
/////////////////////////////////////////////////////////////////
void ver(void)
{
    IntToStr(frec1, Text );
    Glcd_Write_Text(Text,7, 2, 1);
    IntToStr(time1, Text );
    Glcd_Write_Text(Text,5, 4, 1);
    IntToStr(frec2, Text );
    Glcd_Write_Text(Text,70, 2, 1);
    IntToStr(time2, Text );
    Glcd_Write_Text(Text,70, 4, 1);
    IntToStr(porcentaje1, Text );
    Glcd_Write_Text(Text,5, 6, 1);
    IntToStr(porcentaje2, Text );
    Glcd_Write_Text(Text,70, 6, 1);

    return ;
}

```

Anexo3. Codificación del menú de funciones.

```

////////////////////////////////////
//                               FUNCION MAIN                               //
////////////////////////////////////

void ver_menu (void)
{
  switch(menu)
  {
  case 1:
    Glcd_Fill(0x00) ;
    ver();
    Glcd_Write_Text("F1:", 6, 2, 1);
    Glcd_Write_Text("T1:", 6, 4, 1);
    Glcd_Write_Text("Hz", 44, 2, 1);
    Glcd_Write_Text("Hz", 106, 2, 1);
    Glcd_Write_Text("P1:", 6, 6, 1);
    Glcd_Write_Text("%", 44, 6, 1);

    Glcd_Write_Text("F2:", 70, 2, 1);
    Glcd_Write_Text("T2:", 70, 4, 1);
    Glcd_Write_Text("min", 42,4, 1);
    Glcd_Write_Text("min", 106,4, 1);
    Glcd_Write_Text("P2:", 70, 6, 1);
    Glcd_Write_Text("%", 106, 6, 1);

    if (encendido_1==1)
    {
      Glcd_Circle(30, 8, 5, 1);
      Glcd_Circle(30, 8, 4, 1);
      Glcd_Circle(30, 8, 3, 1);
      Glcd_Circle(30, 8, 2, 1);
      Glcd_Circle(30, 8, 1, 1);
    }
  }
}

```

```
if (encendido_2==1)
{
  Glcd_Circle(100, 8, 5, 1);
  Glcd_Circle(100, 8, 4, 1);
  Glcd_Circle(100, 8, 3, 1);
  Glcd_Circle(100, 8, 2, 1);
  Glcd_Circle(100, 8, 1, 1);
}
else
{
  Glcd_Circle(100, 8, 5, 1);
  Glcd_Circle(100, 8, 4, 0);
  Glcd_Circle(100, 8, 3, 0);
  Glcd_Circle(100, 8, 2, 0);
  Glcd_Circle(100, 8, 1, 0);
}
```

Anexo 4: Codificación de hora y fecha.

```

////////////////////////////////////
//          HORA          //
////////////////////////////////////

void read( void )
{
    ByteToStr(hr, Text );
    Glcd_Write_Text(Text, 0, 7, 1);
    ByteToStr(minu, Text );
    Glcd_Write_Text(Text, 18, 7, 1);
    ByteToStr(sec, Text );
    Glcd_Write_Text(Text, 38, 7, 1);

    if(minu<10){ Glcd_Write_Text("0", 24, 7, 1); }
    if(sec<10){ Glcd_Write_Text("0", 43, 7, 1); }
    if(hr<10){ Glcd_Write_Text("0", 6, 7, 1); }

    ByteToStr(day, Text );
    Glcd_Write_Text(Text, 69, 7, 1);
    ByteToStr(mn, Text );
    Glcd_Write_Text(Text, 88, 7, 1);

    ByteToStr(year, Text );
    Glcd_Write_Text(Text, 107, 7, 1);

    Glcd_Write_Text(":", 36, 7, 1);
    Glcd_Write_Text(":", 18, 7, 1);
    Glcd_Write_Text("/", 87, 7, 1);
    Glcd_Write_Text("/", 107, 7, 1);

    if(day<10){ Glcd_Write_Text("0", 75, 7, 1);}
    if(mn<10){ Glcd_Write_Text("0", 94, 7, 1);}

return;

```

```

}
/////////////////////////////////////////////////////////////////
//FUNCION RTC_TRANSFORMA TIEMPO//
/////////////////////////////////////////////////////////////////

void Transform_Time(void)
{
    sec = ((sec & 0x70) >> 4)*10 + (sec & 0x0F);
    minu = ((minu & 0xF0) >> 4)*10 + (minu & 0x0F);
    hr = ((hr & 0x30) >> 4)*10 + (hr & 0x0F);
    week_day =(week_day & 0x07);
    day = ((day & 0xF0) >> 4)*10 + (day & 0x0F);
    mn = ((mn & 0x10) >> 4)*10 + (mn & 0x0F);
    year = ((year & 0xF0)>>4)*10+(year & 0x0F);
    return;
}
/////////////////////////////////////////////////////////////////
///          IGUALACION DE LA HORA          //
/////////////////////////////////////////////////////////////////

void ver_reloj(void)
{
    Glcd_Fill(0x00) ;
    Glcd_Write_Text("<<IGUALACION HORA>>", 10, 0, 1);
    Glcd_Write_Text("Hora:", 6, 2, 1);
    ByteToStr(hr, Text );
    Glcd_Write_Text(Text, 34, 2, 1);
    Glcd_Write_Text("Min:", 6, 3, 1);
    ByteToStr(minu, Text );
    Glcd_Write_Text(Text, 34, 3, 1);
    Glcd_Write_Text("Dia:", 6, 4, 1);
    ByteToStr(day, Text );
    Glcd_Write_Text(Text, 34, 4, 1);
    Glcd_Write_Text("Mes:", 6, 5, 1);
    ByteToStr(mn, Text );
    Glcd_Write_Text(Text, 34, 5, 1);
}

```

```
    Glcd_Write_Text("Anio:", 6, 6, 1);
    ByteToStr(year, Text );
    Glcd_Write_Text(Text, 34, 6, 1);
return;
}

////////////////////////////////////
// CAMBIAR FECHA      //
////////////////////////////////////
void camb_fecha (void)
{
    ByteToStr( horas[1], Text );
    Glcd_Write_Text(Text, 80, 2, 1);

    ByteToStr( horas[2], Text );
    Glcd_Write_Text(Text, 80, 3, 1);

    ByteToStr(horas[3], Text );
    Glcd_Write_Text(Text, 80, 4, 1);

    ByteToStr(horas[4], Text );
    Glcd_Write_Text(Text, 80, 5, 1);

    ByteToStr(horas[5], Text );
    Glcd_Write_Text(Text, 80, 6, 1);
return;
}
```

Anexo 5: Configuración de botón de selección.

Al tener dos salidas independientes, se hizo doble programación para este segmento.

```

////////////////////////////////////
// SELECCION 1      //
////////////////////////////////////
void seleccion(void)
{
    switch(contador1)
    {
    case 1:
        Glcd_Write_Text("*", 0, 2, 1);
        Glcd_Write_Text(" ", 0, 4, 1);
        Glcd_Write_Text(" ", 63, 2, 1);
        Glcd_Write_Text(" ", 63, 4, 1);
        Glcd_Write_Text(" ", 63, 6, 1);
        break;
    case 2:
        Glcd_Write_Text(" ", 0, 2, 1);
        Glcd_Write_Text("*", 0, 4, 1);
        Glcd_Write_Text(" ", 63, 2, 1);
        Glcd_Write_Text(" ", 63, 4, 1);
        break;
    case 3:
        Glcd_Write_Text(" ", 0, 2, 1);
        Glcd_Write_Text(" ", 0, 4, 1);
        Glcd_Write_Text("*", 63, 2, 1);
        Glcd_Write_Text(" ", 63, 4, 1);
        break;
    case 4:
        Glcd_Write_Text(" ", 0, 2, 1);
        Glcd_Write_Text(" ", 0, 4, 1);
        Glcd_Write_Text(" ", 63, 2, 1);
        Glcd_Write_Text("*", 63, 4, 1);
    }
}

```

```
        break;
    }

////////////////////////////////////
// SELECCION 2      //
////////////////////////////////////
void seleccion_2(void)
{
    switch(contador2)
    {
    case 1:
        Glcd_Write_Text("*",0, 2, 1);
        Glcd_Write_Text(" ",0, 3, 1);
        Glcd_Write_Text(" ",0, 4, 1);
        Glcd_Write_Text(" ",0, 5, 1);
        Glcd_Write_Text(" ",0, 6, 1);
        break;
    case 2:
        Glcd_Write_Text(" ",0, 2, 1);
        Glcd_Write_Text("*",0, 3, 1);
        Glcd_Write_Text(" ",0, 4, 1);
        Glcd_Write_Text(" ",0, 5, 1);
        Glcd_Write_Text(" ",0, 6, 1);
        break;
    case 3:
        Glcd_Write_Text(" ",0, 2, 1);
        Glcd_Write_Text(" ",0, 3, 1);
        Glcd_Write_Text("*",0, 4, 1);
        Glcd_Write_Text(" ",0, 5, 1);
        Glcd_Write_Text(" ",0, 6, 1);
        break;
    case 4:
        Glcd_Write_Text(" ",0, 2, 1);
        Glcd_Write_Text(" ",0, 3, 1);
```

```
Glcd_Write_Text(" ",0, 4, 1);  
Glcd_Write_Text("*",0, 5, 1);  
Glcd_Write_Text(" ",0, 6, 1);  
}  
return;  
}
```

Anexo 6: Codificación dar marcha.

```

////////////////////////////////////
//          CARGA
////////////////////////////////////
void carga(void)
{
  if (led1[1]==0)
  {
    pita2();
    encendido_2=(~encendido_2)&0b00000001;
    if (encendido_2==1)
    {
      Glcd_Circle(100, 8, 5, 1);
      Glcd_Circle(100, 8, 4, 1);
      Glcd_Circle(100, 8, 3, 1);
      Glcd_Circle(100, 8, 2, 1);
      Glcd_Circle(100, 8, 1, 1);
      tiempo_contador2=time2;
      memoriaSegundos_2=sec;
    }
    else
    {
      Glcd_Circle(100, 8, 5, 1);
      Glcd_Circle(100, 8, 4, 0);
      Glcd_Circle(100, 8, 3, 0);
      Glcd_Circle(100, 8, 2, 0);
      Glcd_Circle(100, 8, 1, 0);
    }
    set_frec2(frec2h,frec2l,encendido_2);
  }
  if (led1[2]==0)
  {
    pita2();
  }
}

```

```
    contador1++;
    if (contador1==7){contador1=1;}
    seleccion();
}
if (led1[3]==0)
{
    teclado_dw();
    contador=0;
}
if (led1[4]==0)
{
    teclado_up();
    contador=0;
}
if (led1[5]==0)
{
    pita2();
    encendido_1=(~encendido_1)&0b00000001;
    if (encendido_1==1)
    {
        Glcd_Circle(30, 8, 5, 1);
        Glcd_Circle(30, 8, 4, 1);
        Glcd_Circle(30, 8, 3, 1);
        Glcd_Circle(30, 8, 2, 1);
        Glcd_Circle(30, 8, 1, 1);
        tiempo_contador=time1;
        memoriaSegundos_1=sec;
    }
    else
set_frec1(frec1h,frec1l,encendido_1);
}
}
```

Anexo 7: Programación botón Up y botón Dw.

```

////////////////////////////////////
//   TECLADO DE BAJADA
////////////////////////////////////

void teclado_dw(void)
{
if (contador1==1)
{
    frec1--;frec1--;frec1--;frec1--;frec1--;
    if(frec1==55){frec1=360;}
    IntToStr(frec1, Text );
    Glcd_Write_Text(Text,7, 2, 1);
    Glcd_Write_Text("F1:", 6, 2, 1);
    frec1h=frec1&0b1100000000;
    frec1h=frec1h>>8;
    frec1l=frec1&0b11111111;
    Eeprom_Write(0,frec1h);
    Eeprom_Write(1,frec1l);
    set_frec1(frec1h,frec1l,encendido_1) ;
}
else if(contador1==2)
{
    time1--;
    if(time1==0){time1=90;}
    IntToStr(time1, Text );
    Glcd_Write_Text(Text,5, 4, 1);
    Glcd_Write_Text("T1:", 6, 4, 1);
    tiempo_contador=time1;
}
else if(contador1==3)
{
    Glcd_Write_Text(Text,70, 2, 1);
    Glcd_Write_Text("F2:", 70, 2, 1);
}
}

```

```

frec2h=frec2&0b1100000000;
frec2h=frec2h>>8;
frec2l=frec2&0b11111111;
Eeprom_Write(2,frec2h);
Eeprom_Write(3,frec2l);
set_frec2(frec2h,frec2l,encendido_2);
}
else if(contador1==4)
{
time2--;
if(time2==0){time2=90;}
IntToStr(time2, Text );
Glcd_Write_Text(Text,70, 4, 1);
Glcd_Write_Text("T2:", 70, 4, 1);
tiempo_contador2=time2;
}
else if(contador1==5)
{
porcentaje1--; porcentaje1--;porcentaje1--;porcentaje1--;porcentaje1--;
if(porcentaje1==0){porcentaje1=100;}
IntToStr(porcentaje1, Text );
Glcd_Write_Text(Text,5, 6, 1);
Glcd_Write_Text("P1:", 6, 6, 1);
Eeprom_Write(10,porcentaje1);
set_frec1(frec1h,frec1l,encendido_1);
}
else if(contador1==6)
{
porcentaje2--;porcentaje2--;porcentaje2--;porcentaje2--;porcentaje2--;
if(porcentaje2==0){porcentaje2=100;}
IntToStr(porcentaje2, Text );
Glcd_Write_Text(Text,70, 6, 1);
Glcd_Write_Text("P1:", 70, 6, 1);
Eeprom_Write(11,porcentaje2);

```

```

    set_frec2(frec2h,frec2l,encendido_2);
    }
}
/////////////////////////////////////////////////////////////////
//    TECLADO DE SUBIDA
/////////////////////////////////////////////////////////////////
void teclado_up(void)
{
if (contador1==1)
    {
    frec1++;frec1++;frec1++;frec1++;frec1++;
    if(frec1==365){frec1=60;}
    IntToStr(frec1, Text );
    Glcd_Write_Text(Text,7, 2, 1);
    Glcd_Write_Text("F1:", 6, 2, 1);
    frec1h=frec1&0b1100000000;
    frec1h=frec1h>>8;
    frec1l=frec1&0b11111111;
    Eeprom_Write(0,frec1h);
    Eeprom_Write(1,frec1l);
    set_frec1(frec1h,frec1l,encendido_1);
    }
else if(contador1==2)
    {
    time1++;
    if(time1==91){time1=1;}
    IntToStr(time1, Text );
    Glcd_Write_Text(Text,5, 4, 1);
    Glcd_Write_Text("T1:", 6, 4, 1);
    time1h=time1&0b1100000000;
    time1h=time1h>>8;
    time1l=time1&0b11111111;
    Eeprom_Write(4,time1h);
    Eeprom_Write(5,time1l);

```

```

    tiempo_contador=time1;
}
else if(contador1==3)
{
    frec2++;frec2++;frec2++;frec2++;frec2++;
    if(frec2==365){frec2=60;}
    IntToStr(frec2, Text );
    Glcd_Write_Text(Text,70, 2, 1);
    Glcd_Write_Text("F2:", 70, 2, 1);
    frec2h=frec2&0b1100000000;
    frec2h=frec2h>>8;
    frec2l=frec2&0b11111111;
    Eeprom_Write(2,frec2h);
    Eeprom_Write(3,frec2l);
    set_frec2(frec2h,frec2l,encendido_2);
    tiempo_contador2=time2;
}
else if(contador1==4)
{
    time2++;
    if(time2==91){time2=1;}
    IntToStr(time2, Text );
    Glcd_Write_Text(Text,70, 4, 1);
    Glcd_Write_Text("T2:", 70, 4, 1);
    time2h=time2&0b1100000000;
    time2h=time2h>>8;
    time2l=time2&0b11111111;
    Eeprom_Write(6,time2h);
    Eeprom_Write(7,time2l);
}
else if(contador1==5)
{
    porcentaje1++; porcentaje1++;porcentaje1++;porcentaje1++;porcentaje1++;
    if(porcentaje1==105){porcentaje1=5;}

```

```
    IntToStr(porcentaje1, Text );
    set_frec1(frec1h,frec1l,encendido_1);
}
else if(contador1==6)
{
    porcentaje2++; porcentaje2++;porcentaje2++;porcentaje2++;porcentaje2++;
    if(porcentaje2==105){porcentaje2=5;}
    IntToStr(porcentaje2, Text );
    Glcd_Write_Text(Text,70, 6, 1);
    Glcd_Write_Text("P1:", 70, 6, 1);
    Eeprom_Write(11,porcentaje2);
}
}
```

Anexo 8: Líneas de programación del SET de carga de parámetros.

```

////////////////////////////////////
//      FUNCION SET FRECUENCIA 1
////////////////////////////////////
void set_frec1(char frech1_spi,char frec1l_spi,char ence_1)
{
  clka=0;
  dato=0;
  seg=1;
  delay_us(10);
  i=0;
  while(i<=7)
  {
    dato=frech1_spi&0b1;
    clka=1;led=1;
    delay_us(10);
    clka=0;led=0;
    delay_us(10);
    frech1_spi=frech1_spi>>1;
    i++;
  }
  i=0;
  while(i<=7)
  {
    dato=frec1l_spi&0b1;
    clka=1;led=1;
    delay_us(10);
    clka=0;led=0;
    delay_us(10);
    frec1l_spi=frec1l_spi>>1;
    i++;
  }
  frec1l_spi=porcentaje1;

```

```

i=0;
while(i<=7)
{
    dato=frec1l_spi&0b1;
    delay_us(10);
    frec1l_spi=frec1l_spi>>1;
    i++;
}
    dato=ence_1&0b1;
    clka=1;led=1;
    delay_us(1);
    clka=0;led=0;
    delay_us(1);
dato=0;
seg=0;
clka=0;
return;
}

////////////////////////////////////
//          FUNCION SET FRECUENCIA 2
////////////////////////////////////
void set_frec2(char frech2_spi,char frec2l_spi,char ence_2)
{
    clkb=0;
    dato=0;
    seg=1;
    delay_us(10);
    i=0;
    while(i<=7)
    {
        dato=frech2_spi&0b1;
        clkb=1;led=1;
        delay_us(10);
    }
}

```



```

if((minu!=minu_anterior) &&(sec==memoriaSegundos_2))
{
    tiempo_contador2--;
    minu_anterior=minu;
    // pita();
    IntToStr(tiempo_contador2, Text );
    Glcd_Write_Text(Text,70, 4, 1);
    Glcd_Write_Text("T2:", 70, 4, 1);
    if (tiempo_contador2==0)
    {
        pita2(),pita2(),pita2(); pita2(),pita2(),pita2();
        delay_ms(1000);
        Glcd_Circle(100, 8, 5, 1);
        Glcd_Circle(100, 8, 4, 0);
        Glcd_Circle(100, 8, 3, 0);
        Glcd_Circle(100, 8, 2, 0);
        Glcd_Circle(100, 8, 1, 0);
        encendido_2=0;
    }
    if (tiempo_contador2==0){tiempo_contador2=0; pita(); pita(); pita();
pita(); pita(); pita(); pita(); pita(); pita(); pita(); pita(); pita();
    }
    }
}

return;
}

////////////////////////////////////
//FUNCION SET TIEMPO //
////////////////////////////////////
void set_tiempo (void)
{
    Bytetostr(tiempo_setmin,tiempo);
    Glcd_Write_Text(tiempo,80,4,1);
}

```

```
if (vist tiempo==1){
  if (up==1){
    tiempo_setmin++;
    pita();
  }
  if (dw==1){
    tiempo_setmin--;
    Bytetostr(tiempo_setmin, tiempo);
    Glcd_Write_Text(tiempo, 80, 4, 1);
    pita();
  }
}
return;
}
```



```

////////////////////////////////////
void __attribute__((__interrupt__)) _INT0Interrupt(void){
while(PORTDbits.RD1==1)
{
    recibe_config();
}
////////////////////////////////////
/// RECIBE CONFIGUTACION CONFIGURACION
////////////////////////////////////
void recibe_config(void)
{
int count_dato=0;
frech=0;
frecl=0;
on_off=0;
while(PORTDbits.RD1==1)
if (count_dato==25)
{
frech=dato[0]*1+dato[1]*2+dato[2]*4+dato[3]*8+dato[4]*16+dato[5]*32+dato[6]*6
4+dato[7]*128;

frecl=dato[8]*1+dato[9]*2+dato[10]*4+dato[11]*8+dato[12]*16+dato[13]*32+dato[
14]*64+dato[15]*128;

porcentual=dato[16]*1+dato[17]*2+dato[18]*4+dato[19]*8+dato[20]*16+dato[21]*
32+dato[22]*64+dato[23]*128;
    on_off=dato[24];
    frec=frech<<8;
    frec=frec+frecl;
if(on_off==1){setear_frecuencia(frec,porcentual);PORTCbits.RC14=1;}else{setear_
frecuencia(frec,0);PORTCbits.RC14=0;}
}
return;
}

```

```

////////////////////////////////////
//PORCENTAJE
////////////////////////////////////
void seleccion_frecuencia (void){
switch(frecuencia)
{
case 60:
PTPER=0x1DE1;
//PDC1=0x0EF0;
maximo_pwm=3824*4;
break;

case 65:
PTPER=0x1BAF;
//PDC1=0x0DD7;
maximo_pwm=3543*4;
break;

case 70:
PTPER=0x19B4;
//PDC1=0x0CDA;
maximo_pwm=3290*4;
break;
case 75:
PTPER=0x17FE;
//PDC1=0x0BFF;
maximo_pwm=3071*4;
break;

case 80:
PTPER=0x1680;
//PDC1=0x0B40;
maximo_pwm=2880*4;
break;

```

```
case 85:  
PTPER=0x152B;  
//PDC1=0x0A95;  
maximo_pwm=2709*4;  
break;
```

```
case 90:  
PTPER=0x13FF;  
//PDC1=0x09FF;  
maximo_pwm=2559*4;  
break;
```

```
case 95:  
PTPER=0x12F0;  
//PDC1=0x0978;  
maximo_pwm=2424*4;  
break;
```

```
case 100:  
PTPER=0x1200;  
//PDC1=0x0900;  
maximo_pwm=2304*4;  
break;
```

```
case 105:  
PTPER=0x1123;  
//PDC1=0x0891;  
maximo_pwm=2193*4;  
break;
```

```
case 110:  
PTPER=0x105D;  
//PDC1=0x082E;
```

```
maximo_pwm=2094*4;  
break;
```

```
case 115:  
PTPER=0x0FA4;  
//PDC1=0x07D2;  
maximo_pwm=2002*4;  
break;
```

```
case 120:  
PTPER=0x0EFE;  
//PDC1=0x077F;  
maximo_pwm=1919*4;  
break;
```

```
case 125:  
PTPER=0x0E66;  
//PDC1=0x0733;  
maximo_pwm=1843*4;  
break;
```

```
case 130:  
PTPER=0x0DD8;  
//PDC1=0x06EC;  
maximo_pwm=1772*4;  
break;
```

```
case 135:  
PTPER=0x0D52;  
//PDC1=0x06A9;  
maximo_pwm=1705*4;  
break;
```

```
case 140:
```

```
PTPER=0x0CDA;  
//PDC1=0x066D;  
maximo_pwm=1645*4;  
break;
```

```
case 160:  
PTPER=0x0B40;  
//PDC1=0x05A0;  
maximo_pwm=1440*4;  
break;
```

```
case 165:  
PTPER=0x0AE8;  
//PDC1=0x0574;  
maximo_pwm=1396*4;  
break;
```

```
case 170:  
PTPER=0x0A96;  
//PDC1=0x054B;  
maximo_pwm=1355*4;  
break;
```

```
case 175:  
PTPER=0x0A47;  
//PDC1=0x0523;  
maximo_pwm=1315*4;  
break;
```

```
case 180:  
PTPER=0x09FD;  
//PDC1=0x04FE;  
maximo_pwm=1278*4;  
break;
```

```
case 185:  
PTPER=0x09B8;  
//PDC1=0x04DC;  
maximo_pwm=1244*4;  
break;
```

```
case 190:  
PTPER=0x0978;  
//PDC1=0x04BC;  
maximo_pwm=1212*4;  
break;
```

```
case 195:  
PTPER=0x0937;  
//PDC1=0x049B;  
maximo_pwm=1179*4;  
break;
```

```
case 200:  
PTPER=0x0900;  
//PDC1=0x0480;  
maximo_pwm=1152*4;  
break;
```

```
case 205:  
PTPER=0x08C4;  
//PDC1=0x0462;  
maximo_pwm=1122*4;  
break;
```

```
case 210:  
PTPER=0x0891;  
//PDC1=0x0448;
```

```
maximo_pwm=1096*4;  
break;
```

```
case 215:  
PTPER=0x085F;  
//PDC1=0x042F;  
maximo_pwm=1071*4;  
break;
```

```
case 220:  
PTPER=0x082C;  
//PDC1=0x0416;  
maximo_pwm=1046*4;  
break;
```

```
case 225:  
PTPER=0x07FE;  
//PDC1=0x03FF;  
maximo_pwm=1023*4;  
break;
```

```
case 230:  
PTPER=0x07D0;  
//PDC1=0x03E8;  
maximo_pwm=1000*4;  
break;
```

```
case 235:  
PTPER=0x07A6;  
//PDC1=0x03D3;  
maximo_pwm=979*4;  
break;
```

```
case 240:
```

```
PTPER=0x077D;  
//PDC1=0x03BE;  
maximo_pwm=958*4;  
break;
```

```
case 245:  
PTPER=0x0758;  
//PDC1=0x03AC;  
maximo_pwm=940*4;  
break;
```

```
case 250:  
PTPER=0x0733;  
//PDC1=0x0399;  
maximo_pwm=921*4;  
break;
```

```
case 255:  
PTPER=0x070E;  
//PDC1=0x0387;  
maximo_pwm=903*4;  
break;
```

```
case 260:  
PTPER=0x06E9;  
//PDC1=0x0374;  
maximo_pwm=884*4;  
break;
```

```
case 265:  
PTPER=0x06C9;  
//PDC1=0x0364;  
maximo_pwm=862*4;  
break;
```

```
case 270:  
PTPER=0x06A9;  
//PDC1=0x0354;  
maximo_pwm=852*4;  
break;
```

```
case 275:  
PTPER=0x0689;  
//PDC1=0x0344;  
maximo_pwm=836*4;  
break;
```

```
case 280:  
PTPER=0x066D;  
//PDC1=0x0336;  
maximo_pwm=822*4;  
break;
```

```
case 285:  
PTPER=0x064D;  
//PDC1=0x0326;  
maximo_pwm=806*4;  
break;
```

```
case 290:  
PTPER=0x0631;  
//PDC1=0x0318;  
maximo_pwm=792*4;  
break;
```

```
case 295:  
PTPER=0x0616;  
//PDC1=0x030B;
```

```
maximo_pwm=779*4;  
break;
```

```
case 300:  
PTPER=0x05FE;  
//PDC1=0x02FF;  
maximo_pwm=767*4;  
break;
```

```
case 305:  
PTPER=0x05E3;  
//PDC1=0x02F1;  
maximo_pwm=753*4;  
break;
```

```
case 310:  
PTPER=0x05CC;  
//PDC1=0x02E6;  
maximo_pwm=742*4;  
break;
```

```
case 315:  
PTPER=0x05B5;  
//PDC1=0x02DA;  
maximo_pwm=730*4;  
break;
```

```
case 320:  
PTPER=0x059E;  
//PDC1=0x02CF;  
maximo_pwm=719*4;  
break;
```

```
case 325:
```

```
PTPER=0x0587;  
//PDC1=0x02C3;  
maximo_pwm=707*4;  
break;
```

```
case 330:
```

```
PTPER=0x0574;  
//PDC1=0x02BA;  
maximo_pwm=698*4;  
break;
```

```
return;
```

```
}
```

Anexo 10: Deducción de la fórmula para obtener el campo magnético en una bobina multi-capa.

La fórmula que a continuación se deduce, es transcrita de la tesis de grado del Ingeniero Fabián Narváez [6].

De la densidad de campo para una espira tenemos:

$$\beta = \frac{\mu_0 I r^2}{2(z^2 + r^2)} a_z$$

Si tomamos un diferencial de la corriente que circula a través de la bobina.

$$I = \frac{Nl}{h(R_2 - R_1)} dz dr$$

$$\beta = \int_{R_1}^{R_2} \int_0^h \frac{\mu_0 I r^2}{2(z^2 + r^2)^{3/2}} a_z$$

$$\beta = \int_{R_1}^{R_2} \int_0^h \frac{\mu_0 N I r^2}{2h[(L - z)^2 + r^2]^{3/2}(R_2 - R_1)} a_z$$

$$\beta = \int_{R_1}^{R_2} \frac{\mu_0 N I r^2}{2h(R_2 - R_1)} dr \int_0^h \frac{1}{[(L - z)^2 + r^2]^{3/2}} dz$$

$$v = L - z$$

$$dv = -dz$$

$$\beta = \int_{R_1}^{R_2} \frac{\mu_0 N I r^2}{2h(R_2 - R_1)} dr \left\{ - \int_0^h \frac{1}{[(v)^2 + r^2]^{3/2}} dv \right\}$$

$$\beta = \int_{R_1}^{R_2} \frac{\mu_0 N I r^2}{2h(R_2 - R_1)} dr \left[- \frac{v}{r^2 [(v)^2 + r^2]^{1/2}} \right]$$

$$\beta = \int_{R_1}^{R_2} \frac{\mu_0 N I r^2}{2h(R_2 - R_1)} dr \left[- \frac{L - z}{r^2 [(L - z)^2 + r^2]^{1/2}} \right]_0^h$$

$$\beta = \int_{R_1}^{R_2} \frac{\mu_0 N I r^2}{2h(R_2 - R_1)} dr \frac{1}{r^2} \left\{ - \left[\frac{L - h}{[(L - h)^2 + r^2]^{1/2}} - \frac{L}{(L^2 + r^2)^{1/2}} \right] \right\}$$

$$\beta = \int_{R_1}^{R_2} \frac{\mu_0 N I r^2}{2h(R_2 - R_1)} dr \left[\frac{L}{(L^2 + r^2)^{1/2}} - \frac{L - h}{[(L - h)^2 + r^2]^{1/2}} \right]$$

$$\begin{aligned}\beta &= \int_{R_1}^{R_2} \frac{\mu_0 N I r^2}{2h(R_2 - R_1)} \left[\frac{L}{(L^2 + r^2)^{1/2}} - \frac{L-h}{[(L-h)^2 + r^2]^{1/2}} \right] dr \\ \beta &= \frac{\mu_0 N I r^2}{2h(R_2 - R_1)} \left[\int_{R_1}^{R_2} \frac{L}{(L^2 + r^2)^{1/2}} dr - \int_{R_1}^{R_2} \frac{L-h}{[(L-h)^2 + r^2]^{1/2}} dr \right] \\ \beta &= \frac{\mu_0 N I r^2}{2h(R_2 - R_1)} \left\{ \left| L \left[\ln(r + \sqrt{L^2 + r^2}) \right] \right|_{R_1}^{R_2} \right. \\ &\quad \left. - \left| (L-h) \left[\ln(r + \sqrt{(L-h)^2 + r^2}) \right] \right|_{R_1}^{R_2} \right\}\end{aligned}$$

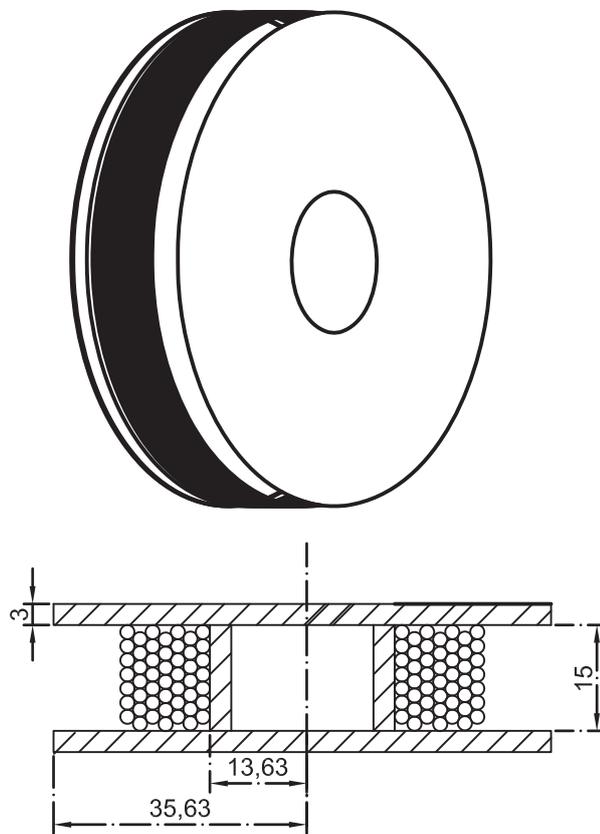
β

$$\begin{aligned}&= \frac{\mu_0 N I r^2}{2h(R_2 - R_1)} \left\{ \begin{aligned} &L \left[\ln \left(R_2 + \sqrt{L^2 + R_2^2} \right) - \ln \left(R_1 + \sqrt{L^2 + R_1^2} \right) \right] - \\ &(L-h) \left[\ln \left(R_2 + \sqrt{(L-h)^2 + R_2^2} \right) - \ln \left(R_1 + \sqrt{(L-h)^2 + R_1^2} \right) \right] \end{aligned} \right\} \\ \beta &= \frac{\mu_0 N I r^2}{2h(R_2 - R_1)} \left\{ L \left[\ln \frac{(R_2 + \sqrt{L^2 + R_2^2})}{(R_1 + \sqrt{L^2 + R_1^2})} \right] - (L \right. \\ &\quad \left. - h) \left[\ln \frac{(R_2 + \sqrt{(L-h)^2 + R_2^2})}{(R_1 + \sqrt{(L-h)^2 + R_1^2})} \right] \right\}\end{aligned}$$

Si $L = h$

$$\beta = \frac{\mu_0 N I r^2}{2h(R_2 - R_1)} \left\{ \left[\ln \frac{(R_2 + \sqrt{L^2 + R_2^2})}{(R_1 + \sqrt{L^2 + R_1^2})} \right] \right\}$$

Anexo 11. Diseño de la Bobina.



ESCALA 1:1	ELECTRONICA.	UNIVERSIDAD DEL AZUAY	
		OLEAS PABLO	
DISEÑO DE BOBINA		20/08/2016	ANEXO 11

Anexo 12: Diseño del Touch screen.

```

////////////////////////////////////
//          TECLADO          //
////////////////////////////////////

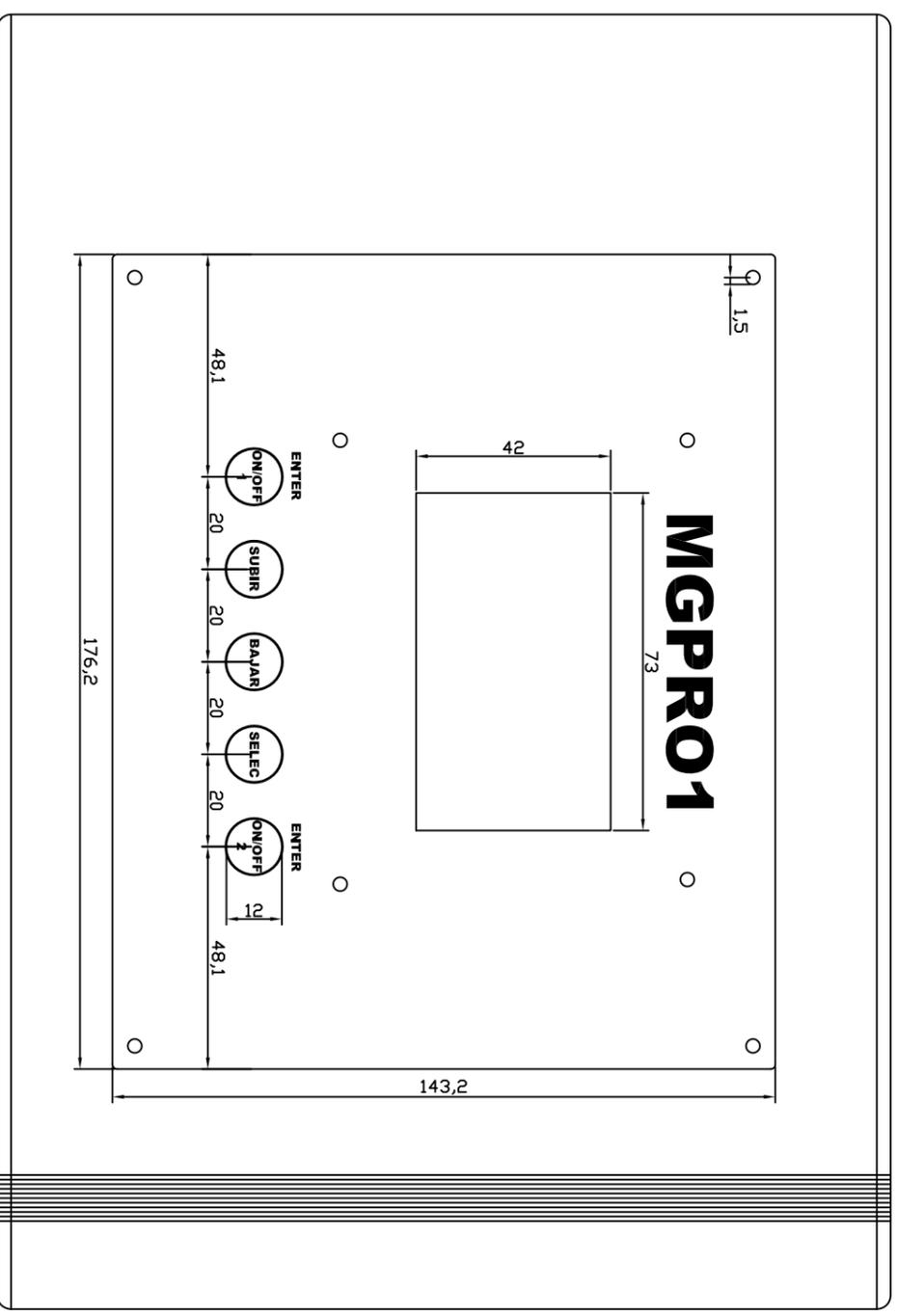
void teclado(void)
{
  char validar=0;
  boton = 1;
  while(boton <= 16)
  {
    validar=0;
    CLOCK_PIN=0;
    if(DATA_PIN==0)
    {
      validar=1;
      delay_us(500);

      if(DATA_PIN==0)
      {
        validar=validar++;
        delay_us(250);
        if(DATA_PIN==0)
          led1[boton]=0;
      }
    }
    else
    {
      delay_us(150);
    }
  }
  else
  {
    delay_us(250);
  }
}

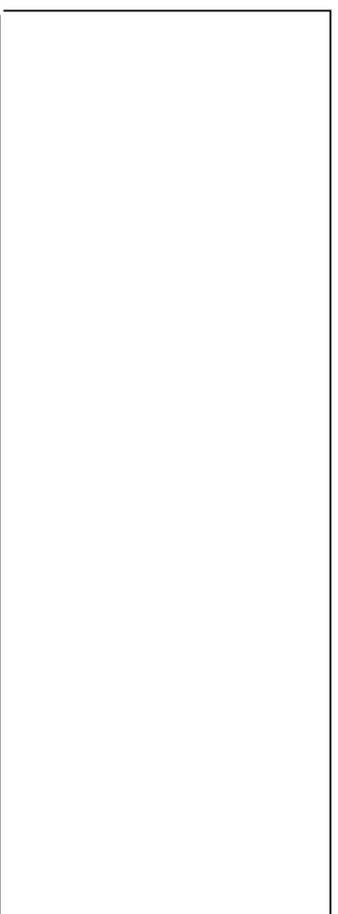
```

```
    }  
  }  
  else  
  {  
    delay_us(500);  
  }  
}  
else  
{  
  led1[boton]=1;  
  delay_us(1000);  
}  
CLOCK_PIN=1;  
delay_us(5);  
boton++;  
}  
CLOCK_PIN=1;  
delay_us(2000);  
delay_ms(100);  
carga();  
return;  
}
```

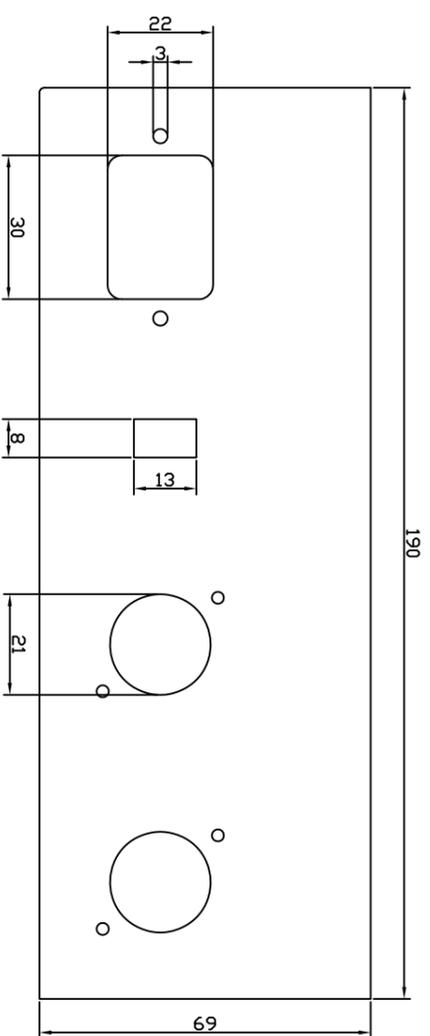
VISTA SUPERIOR



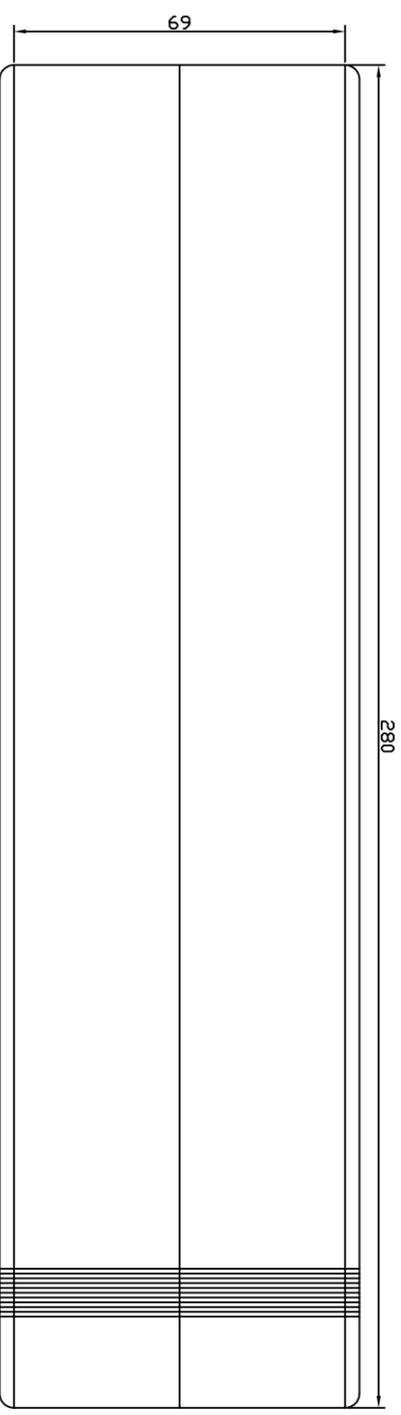
VISTA POSTERIOR



VISTA FRONTAL



VISTA LATERAL



ESCALA 1:1	ELECTRONICA.	UNIVERSIDAD DEL AZUAY
DISEÑO DE CARCASA		DLEAS PABLO
20/08/2016		ANEXO 13

Anexo 14: Informe de mediciones.



UNIVERSIDAD DE CUENCA
 Facultad de Ingeniería
 Laboratorio de Física



PROYECTO DE VINCULACIÓN CON LA COMUNIDAD - LABORATORIO DE FISICA

INFORME DE PRUEBAS

A petición del Sr Estudiante **PABLO EMILIO OLEAS PESÁNTEZ** CON CI **010353078-8**, por motivo de realización de su Tesis "Elaboración de un dispositivo para rehabilitación física a base de campos magnéticos" de la **Universidad del Azuay**, Facultad de Ciencia y Tecnología y de la Escuela de Ingeniería Electrónica. Se realizaron las pruebas de medición de campos magnéticos en las bobinas construidas por el solicitante en el Laboratorio de Física de la Universidad de Cuenca dentro del Proyecto de Vinculación con la Comunidad vigente en el Laboratorio de Física. Las Pruebas fueron realizadas los días 07, 18 y 27 de Julio de 2016.

Los resultados de las pruebas se adjuntan, al ser un laboratorio de enseñanza estos resultados **no** serán considerados como referenciales, solamente se autoriza el uso de estos resultados para un fin didáctico en la tesis mencionada.

Cuenca, 03 de Agosto de 2016.

ING JUAN SANANGO

DIRECTOR DE LABORATORIO DE FISICA

ING ISABEL CABRERA

TECNICO DOCENTE LABORATORIO FISICA

SR PABLO OLEAS.

SR PABLO OLEAS.

ESTUDIANTE UDA-TESIS



UNIVERSIDAD DE CUENCA
Facultad de Ingeniería
Laboratorio de Física



ANEXO 1

Resultado de pruebas en bobinas construidas por el Sr Estudiante **PABLO EMILIO OLEAS PESÁNTEZ**.

PRUEBA 1 Y 2:

La primera y segunda prueba se realizó con bobinas de 780 vueltas.

Resultados:

Las primeras bobinas de 780 vueltas daban un valor máximo en el centro de la bobina es de 82 gauss. Esta prueba sirvió para que el estudiante concluya que debe realizar mayor número de vueltas para obtener mayor campo magnético.

El diámetro externo de las bobinas es 7cm, y el diámetro interno es 1cm, el material en el que se envuelve el hilo de cobre es de grilon.

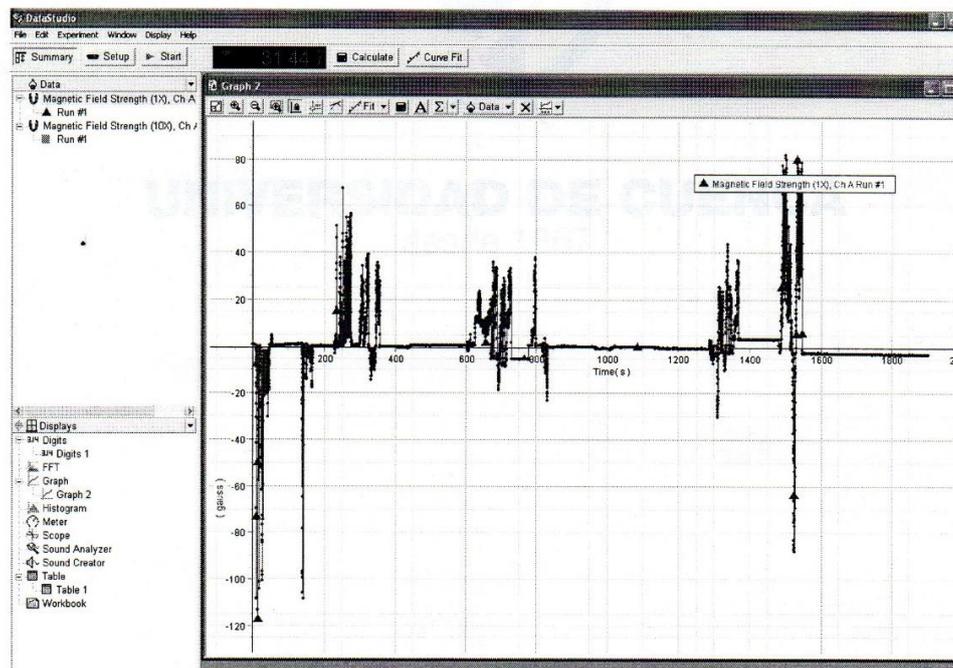
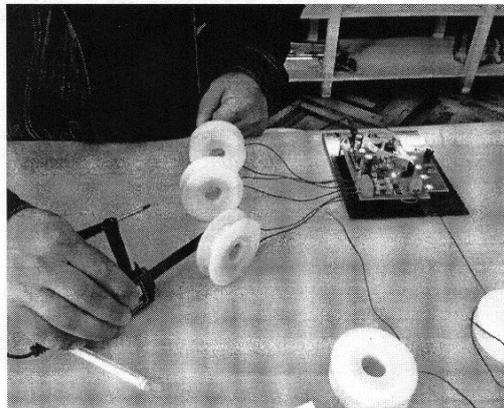
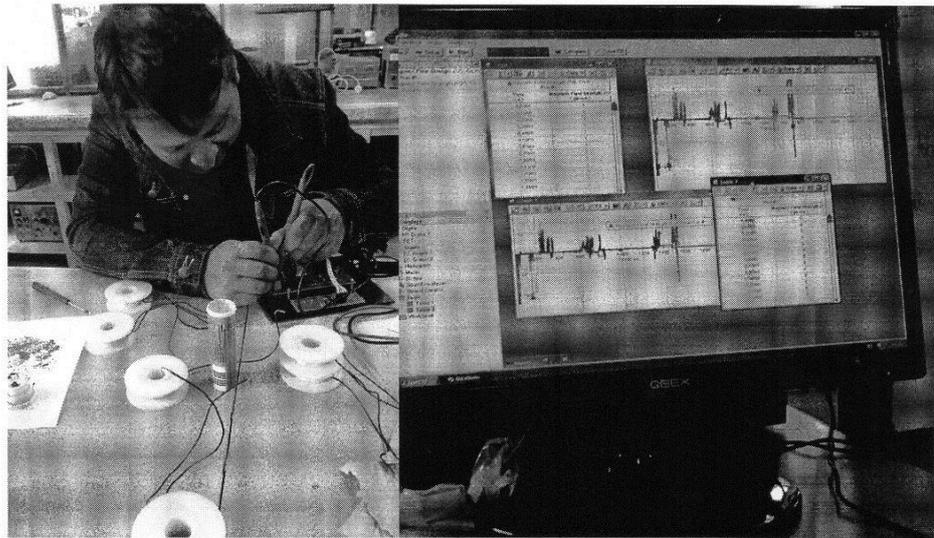


Gráfico 1: PRUEBA 1 CON SENSOR MAGNÉTICO PASCO (AXIAL) -INTERFAZ PASCO, VALOR MÁXIMO 82GAUSS, PICOS DE -117GAUSS.



UNIVERSIDAD DE CUENCA
Facultad de Ingeniería
Laboratorio de Física



FOTOS PRUEBA 1 Y 2: CON SENSOR DE CAMPO MAGNETICO PASCO Y SOFTWARE PASCO.



Av. 12 de Abril y Agustín Cueva, Ciudadela Universitaria
Telf.: 593 – (7) 405 1117 Ext.: 2300 – 2332 – 2334
www.ucuenca.edu.ec



UNIVERSIDAD DE CUENCA
 Facultad de Ingeniería
 Laboratorio de Física

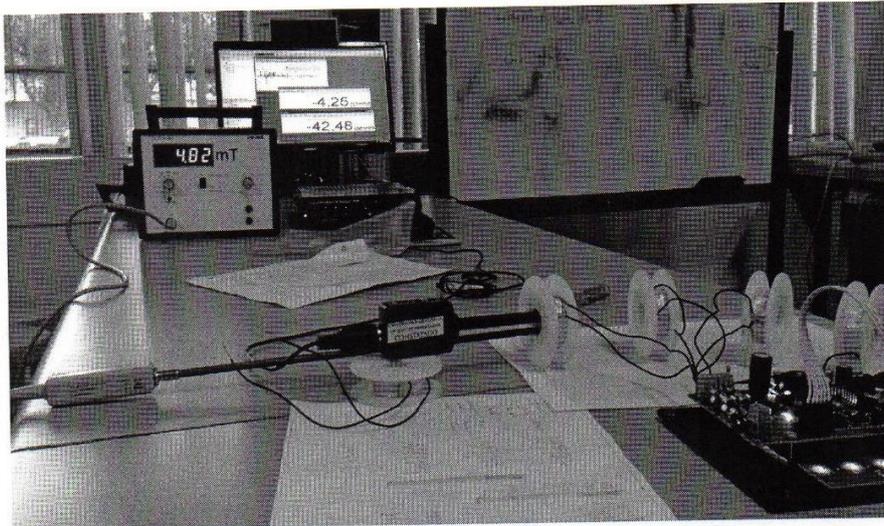


FOTO: Comparación Teslámetro PHYWE y Sensor de Campo Magnético PASCO, en mediciones de las bobinas para rehabilitación física. Resultados PHYWE: 48.2 Gauss y PASCO: 42.48 Gauss.

TERCERA PRUEBA:

La tercera prueba se realizó con bobinas de 1730 vueltas y con cambios en la frecuencia, los resultados máximos en el centro de la bobina son los siguientes:

Frecuencia: 60Hz

Porcentaje de Corriente %	Gauss
100	239
95	226
90	214
85	200
80	193

Frecuencia: 300 Hz

Porcentaje de Corriente %	Gauss
100	235
95	224
90	212
85	200
80	183

Además al colocar un material ferromagnético en el interior de la bobina de 1730vueltas, la medición máxima registrada fue 330 gauss.



UNIVERSIDAD DE CUENCA
 desde 1867

Av. 12 de Abril y Agustín Cueva, Ciudadela Universitaria
 Telf.: 593 – (7) 405 1117 Ext.: 2300 – 2332 – 2334
www.ucuenca.edu.ec



UNIVERSIDAD DE CUENCA
Facultad de Ingeniería
Laboratorio de Física

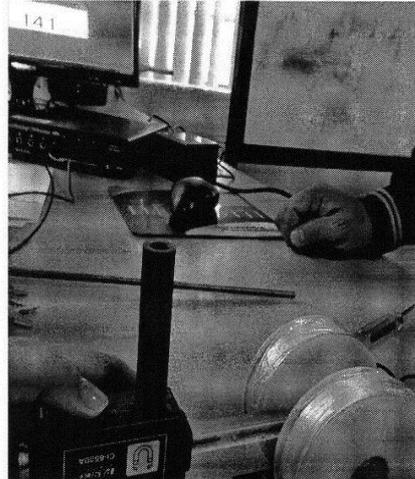


FOTO: Medición de campo magnético entre dos bobinas de 1730 vueltas a 3 cm, resultado: 141 Gauss,

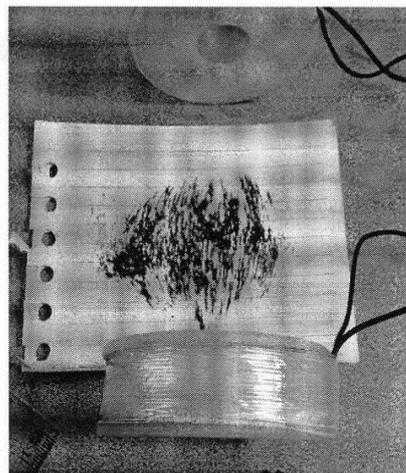


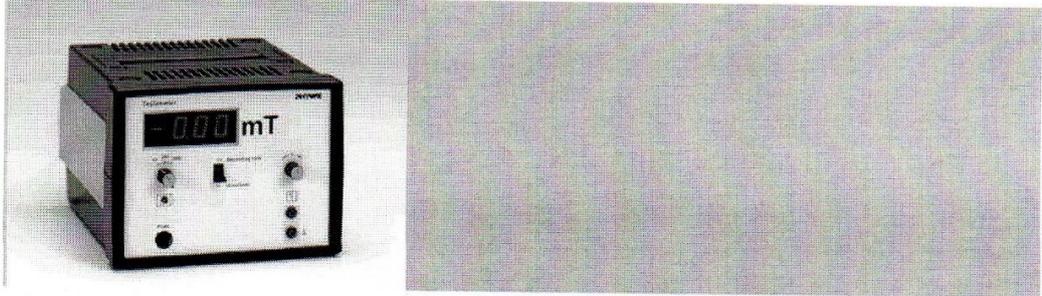
FOTO: Prueba3, con bobinas de 1730Vueltas, visualización de campo magnético entre dos bobinas a 10cm.

EQUIPOS UTILIZADOS PARA MEDICION DE CAMPOS MAGNETICOS:

Todas las mediciones se realizaron con la sonda axial.

1) TESLAMETRO, DIGITAL

Num.Producto: 13610-93

**Equipment and Technical Data**

- Teslameter with 3 1/2 digit LED display, 20 mm high
- 3 measuring ranges 20 - 200 - 2000 mT
- Sensitivity 10 microT
- For alternating and direct fields
- calibrated (up to 1T)
- analog output
- **CON SONDA AXIAL**

2) Magnetic Field Sensor-PASCO CI-6520A

Designed to measure magnetic field with three selectable ranges of +/-1000 gauss.



Revealing the invisible, students measure magnetic field lines directly with the Magnetic Field Sensor to solidify their understanding of this elusive concept. Just place the tip of the probe at the desired location and orientation and students immediately get an accurate measurement of magnetic field strength. The PASPORT Magnetic Field Sensor offers sensitivity across a single range from -1000 to +1000 gauss.

Use the PASPORT 2-Axis Magnetic Field Sensor in conjunction with a PASPORT interface to measure magnetic field strength simultaneously along two perpendicular axes. Measure Radial and Axial Fields simultaneously. Dynamic variable over-sampling greatly reduces noise at low sample rates.

The 2-Axis Magnetic Field Sensor's sensing elements are two Hall Effect devices oriented perpendicularly to one another and located at the end of the sensor's probe. The sensor measures the magnetic field in the Axial and Perpendicular directions. Two white dots on the probe mark the positions of the sensing elements.

Anexo 15: Certificado de prueba del equipo.



CLINICA SANTA ANA

CENTRO MÉDICO - QUIRÚRGICO

Cuenca 25 de agosto del 2016

A quien corresponda:

Yo Edgar Paredes Nabas, en calidad de Fisioterapeuta con número de registro M.S.P. L3 F85 N 249 Senescyt: 105-10-977861, certifico que el equipo MGPRO 1 (magneto terapia) ha sido sometido a pruebas de campo con muy buenos resultados en las diversas patologías, de rehabilitación física, quedando muy satisfecho por los resultados obtenidos.

Dentro de las patologías tratadas con MGPRO 1, podemos numerar las siguientes:

Artrosis de rodilla
Codo de tenista
Fascitis plantar
Lumbalgias
Lumbociatalgias

Obteniendo la mejoría en cada uno de los pacientes tratados.

Es todo cuanto puedo informar en honor a la verdad, el portador de este documento puede hacer uso del mismo de acuerdo a sus necesidades.

Tec. Med. Edgar Paredes N.
Fisioterapeuta
M.S.P. L3 F85 N° 249
Senescyt: 105-10-977861



Atentamente

Tec. Med. Edgar Paredes N.

Anexo 16: Imágenes del equipo finalizado.

