



**UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE GRADUACIÓN**

**TRABAJO DE TITULACIÓN  
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO EN TELEINFORMÁTICA**

**ÁREA  
TECNOLOGÍA ELECTRÓNICA**

**TEMA  
“DESARROLLO DE UN ESTIMULADOR MUSCULAR A  
BAJA FRECUENCIA PARA EL TRATAMIENTO DE  
ELECTROTERAPIA, USANDO IOT, EN EL  
LABORATORIO SISMED”**

**AUTOR  
PARRA LEÓN EMANUEL ANTONIO**

**DIRECTOR DEL TRABAJO  
ING. ELÉC. PARRA LÓPEZ RODOLFO ANTONIO, MG.**

**GUAYAQUIL, OCTUBRE 2019**



## ANEXO XI.- FICHA DE REGISTRO DE TRABAJO

### DE TITULACIÓN



**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**CARRERA INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA**

<b>REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA</b>			
<b>FICHA DE REGISTRO DE TRABAJO DE TITULACIÓN</b>			
<b>TÍTULO Y SUBTÍTULO:</b>			
Desarrollo de un estimulador muscular a baja frecuencia para el tratamiento de Electroterapia, usando IOT, en el Laboratorio Sismed.			
<b>AUTOR(ES)</b> (apellidos/nombres):	Parra León Emanuel Antonio		
<b>REVISOR(ES)/TUTOR(ES)</b> (apellidos/nombres):	Ing. Gallegos Zurita Diana / Ing. Parra López Rodolfo		
<b>INSTITUCIÓN:</b>	Universidad de Guayaquil		
<b>UNIDAD/FACULTAD:</b>	Facultad Ingeniería Industrial		
<b>MAESTRÍA/ESPECIALIDAD:</b>			
<b>GRADO OBTENIDO:</b>	Ingeniería en Teleinformática		
<b>FECHA DE PUBLICACIÓN:</b>	15 JUNIO 2020	<b>No. DE PÁGINAS:</b>	125
<b>ÁREAS TEMÁTICAS:</b>	Tecnología Electrónica		
<b>PALABRAS CLAVES/KEYWORDS:</b>	IOT, Fisioterapia, Electrónica. IOT, Physiotherapy, Electronics,		
<b>RESUMEN/ABSTRACT (100-150 palabras):</b>			
<p>El avance tecnológico de los últimos años ha permitido importantes aportes a la medicina, entre los cuales tenemos la implementación de la electrónica analógica y digital integrada al internet de las cosas (IOT). Sin embargo, en la actualidad todavía existen limitaciones en la actualización de tecnología médica en nuestro país, en el área de la Fisioterapia, por ejemplo, los Centros Fisioterapéuticos están condicionados al tratamiento presencial de sus pacientes, quienes precisamente en la mayoría de los casos tienen problemas para movilizarse fácilmente. El presente trabajo de investigación propone el diseño e implementación de un equipo de electroestimulación de baja frecuencia portable, controlado y configurado remotamente vía internet para el Laboratorio Sismed, que sirva como alternativa para llevar a cabo un tratamiento domiciliario de rehabilitación evitando la movilización frecuente del paciente durante su período de recuperación, con un equipo profesional de electroterapia que se ajuste a las normas médicas.</p> <p>In the last years, the technology advance has allowed important contributions in the medicine area, among which we have the implementation of analog and digital electronics integrated into the Internet of Things (IOT). Nevertheless, there are still limitations in updating medical technology in our country, in the physiotherapy area, for example, the Physiotherapeutic Centers are conditioned to the face-to-face treatment of their patients, who precisely, most of the cases have troubles moving easily.</p>			

This research work proposes the design and implementation of portable, controlled electrostimulation equipment of low frequency and remotely configured via the Internet for the Sismed Lab, which is used as an alternative to carrying out a rehabilitation home treatment avoiding frequent mobilization of the patient during his recovery period with professional electrotherapy equipment that fits medical standards.

ADJUNTO PDF:	SI ( X)	NO
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: 0963249329	E-mail: emanuel.parral@ug.edu.ec
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN:	Nombre: <u>Ing. Ramón Maquilón Nicola, MG.</u>	
	Teléfono: 593-2658128	
	E-mail: direcciónTi@ug.edu.ec	



**ANEXO XII.- DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y DE  
AUTORIZACIÓN DE LICENCIA GRATUITA  
INTRANSFERIBLE Y NO EXCLUSIVA PARA EL USO NO COMERCIAL DE LA  
OBRA CON FINES NO ACADÉMICOS**



**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
CARRERA INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA**

---

**LICENCIA GRATUITA INTRANSFERIBLE Y NO COMERCIAL DE LA OBRA CON  
FINES NO ACADÉMICOS**

Yo, **PARRA LEÓN EMANUEL ANTONIO**, con C.C. No. **0941418501**, certifico que los contenidos desarrollados en este trabajo de titulación, cuyo título es “**DESARROLLO DE UN ESTIMULADOR MUSCULAR A BAJA FRECUENCIA PARA EL TRATAMIENTO DE ELECTROTERAPIA, USANDO IOT, EN EL LABORATORIO SISMED**” son de mi absoluta propiedad y responsabilidad, en conformidad al Artículo 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN\*, autorizo la utilización de una licencia gratuita intransferible, para el uso no comercial de la presente obra a favor de la Universidad de Guayaquil.

---

**PARRA LEÓN EMANUEL ANTONIO  
C.C. No. 0941418501**



## ANEXO VII.- CERTIFICADO PORCENTAJE DE SIMILITUD

FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
CARRERA INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA



Habiendo sido nombrado Ing. Parra López Rodolfo Antonio, Mg. tutor del trabajo de titulación certifico que el presente trabajo de titulación ha sido elaborado por Parra León Emanuel Antonio, C.C.: 0941418501, con mi respectiva supervisión como requerimiento parcial para la obtención del título de INGENIERO EN TELEINFORMÁTICA.

Se informa que el trabajo de titulación: “DESARROLLO DE UN ESTIMULADOR MUSCULAR A BAJA FRECUENCIA PARA EL TRATAMIENTO DE ELECTROTERAPIA, USANDO IOT, EN EL LABORATORIO SISMED”, ha sido orientado durante todo el periodo de ejecución en el programa Antiplagio (URKUND) quedando el 1 % de coincidencia.

The screenshot shows the URKUND interface with the following details:

- Documento:** Parra Leon Emanuel Antonio.docx (D65003770)
- Presentado:** 2020-03-07 04:18 (-05:00)
- Presentado por:** emanuel.parral@ug.edu.ec
- Recibido:** ingrid.garciat.ug@analysis.urkund.com
- Mensaje:** EMANUEL ANTONIO PARRA LEON [Mostrar el mensaje completo](#)
- A yellow box highlights the text: "1% de estas 18 páginas, se componen de texto presente en 1 fuentes."

<https://secure.urkund.com/old/view/63022966-637803-795178#q1bKLVayijY01DG00LGI1VEqzkzPy0zLTE7MS05VsjLQMzCwtDQ1sTS1MLY0Njc3MDU0qwUA>

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Rodolfo Parra".

Ing. Rodolfo Parra López, Mg.  
Tutor de trabajo de titulación  
C.C. 0909770448

FECHA: 11 de marzo de 2020

**ANEXO VI. - CERTIFICADO DEL DOCENTE-TUTOR DEL**  
  
**TRABAJO DE TITULACIÓN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**  
**CARRERA INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA**



Guayaquil, 04 de Marzo del 2020.

Sr (a).

**Ing. Annabelle Lizarzaburu Mora, MG.**

Director (a) de Carrera Ingeniería en Teleinformática / Telemática

**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL**

Ciudad. –

De mis consideraciones:

Envío a Ud. el Informe correspondiente a la tutoría realizada al Trabajo de Titulación **“DESARROLLO DE UN ESTIMULADOR MUSCULAR A BAJA FRECUENCIA PARA EL TRATAMIENTO DE ELECTROTERAPIA, USANDO IOT, EN EL LABORATORIO SISMED”** del estudiante **PARRA LEÓN EMANUEL ANTONIO**, indicando que ha cumplido con todos los parámetros establecidos en la normativa vigente:

- El trabajo es el resultado de una investigación.
- El estudiante demuestra conocimiento profesional integral.
- El trabajo presenta una propuesta en el área de conocimiento.
- El nivel de argumentación es coherente con el campo de conocimiento.

Adicionalmente, se adjunta el certificado de porcentaje de similitud y la valoración del trabajo de titulación con la respectiva calificación.

Dando por concluida esta tutoría de trabajo de titulación, **CERTIFICO**, para los fines pertinentes, que el (los) estudiante (s) está (n) apto (s) para continuar con el proceso de revisión final.

Atentamente,

Ing. Ródolfo Parra López, Mg.  
Tutor de trabajo de titulación  
C.C. 0909770448

FECHA: 4 de marzo de 2020



**ANEXO VIII.- INFORME DEL DOCENTE REVISOR**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**  
**CARRERA INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA**



Guayaquil, 20 de Abril del 2020

Sr (a).

**Ing. Annabelle Lizarzaburu Mora, Mg.**

Director (a) de Carrera Ingeniería en Teleinformática / Telemática

**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL**  
Ciudad. -

De mi consideración:

Envío a usted el informe correspondiente de la **REVISIÓN FINAL** del Trabajo de Titulación titulado: **“DESARROLLO DE UN ESTIMULADOR MUSCULAR A BAJA FRECUENCIA PARA EL TRATAMIENTO DE ELECTROTERAPIA, USANDO IOT, EN EL LABORATORIO SISMED”** del estudiante, **PARRA LEÓN EMANUEL ANTONIO**. Las gestiones realizadas me permiten indicar que el trabajo fue revisado considerando todos los parámetros establecidos en las normativas vigentes, en el cumplimiento de los siguientes aspectos:

Cumplimiento de requisitos de forma:

El título tiene un máximo de 19 palabras.

La memoria escrita se ajusta a la estructura establecida.

El documento se ajusta a las normas de escritura científica seleccionadas por la Facultad.

La investigación es pertinente con la línea y sublíneas de investigación de la carrera.

Los soportes teóricos son de máximo 5 años.

La propuesta presentada es pertinente.

Cumplimiento con el Reglamento de Régimen Académico:

El trabajo es el resultado de una investigación.

El estudiante demuestra conocimiento profesional integral.

El trabajo presenta una propuesta en el área de conocimiento.

El nivel de argumentación es coherente con el campo de conocimiento.

Adicionalmente, se indica que fue revisado, el certificado de porcentaje de similitud, la valoración del tutor, así como de las páginas preliminares solicitadas, lo cual indica el que el trabajo de investigación cumple con los requisitos exigidos.

Una vez concluida esta revisión, considero que el estudiante está apto para continuar el proceso de titulación. Particular que comunicamos a usted para los fines pertinentes.

Atentamente,

**Ing. Diana Gallegos Zurita, Mg.**  
**Docente Tutor Revisor**  
**C.C. 1204926313**

FECHA: 20 de abril del 2020

## **Dedicatoria**

Dedicado a Dios y a mi madre, porque sin ella no me encontraría aquí escribiendo este trabajo, por ser la mejor mamá del mundo y apoyarme a lo largo de toda mi vida. Por todo el sacrificio que has hecho por mí, esto es para ti. Gracias, mamá.

## Agradecimiento

Doy gracias a Dios, quien es mi fortaleza en mi debilidad. A mi madre Yolanda, por todo lo que ha hecho por mí desde el día en que nací. A mis hermanos Sarita y Elías, con quienes siempre he contado, y a mí enamorada Lady Caicedo por su apoyo incondicional durante todos estos años.

Al Ingeniero Rodolfo Parra por toda su ayuda a lo largo de mi carrera universitaria, al Ingeniero Alcides Ramos y a mi gran amigo Anthony Chilán, por haber colaborado en este trabajo de investigación. A los Ingenieros Michael Merchán y Freddy Játiva por haberme ayudado desde mi colegiatura en los cuales he visto un ejemplo de superación. A mis amigos Carlos Galarza y Tyrone Villavicencio por su ayuda académica y por haberme inspirado para terminar mi carrera, gracias por cada amanecida estudiando.

Gracias a todos por creer en mí.

**Declaración de autoría**

“La seriedad del contenido de este trabajo de Titulación, me pertenece exclusivamente;  
y el patrimonio intelectual del mismo a la Facultad de Ingeniería Industrial de la  
Universidad de Guayaquil”

**Parra León Emanuel Antonio.**

**CC: 0941418501**

## ÍNDICE GENERAL

No.	Descripción	Pág.
	Introducción	1

### **Capítulo I** **Problema**

No.	Descripción	Pág.
1.1	Planteamiento del problema.	3
1.2	Objeto de la investigación	4
1.3	Sistematización del problema	4
1.4	Determinación del tema	4
1.5	Objetivos	4
1.5.1	Objetivo General	4
1.5.2	Objetivos Específicos	5
1.6	Justificación	5
1.7	Delimitación del problema	5
1.8	Hipótesis	6
1.9	Conceptualización de las variables	7
1.10	Operacionalización de las variables	7

### **Capítulo II** **Marco Teórico**

No.	Descripción	Pág
2.1	Antecedentes de la Investigación	8
2.2	Equipos existentes en el medio	9
2.3	Marco Referencial	10
2.3.1	Microcontrolador	10
2.3.2	Circuito Integrado 555	11
2.3.3	Optoacoplador	12
2.3.4	Esp8266	13
2.3.5	Framework	14
2.3.6	Web App	14

2.3.7	Firebase	15
2.3.8	Ubidots	16
2.3.9	Ondas de estimulación	16
2.3.9	Corriente analgésica TENS	17
2.3.10	Electroanalgesia	18
2.3.11	Tabla de tiempos y frecuencias	18
2.3.12	Dosificación de la Electroterapia	19
2.3.13	Potencia y Dosis	20
2.4	Marco Legal	21
2.4.1	Marco legal de software libre	21
2.4.2	Constitución de la República de Ecuador	21
2.4.3	Ley Orgánica de la Salud	21

**Capítulo III**  
**Metodología de la Investigación**

No.	Descripción	Pág.
3.1	Diseño de la investigación	23
3.2	Enfoque de la investigación	24
3.3	Tipos de Investigación	25
3.4	Técnicas y herramientas de investigación	26
3.5	Metodología del diseño	27
3.6	Técnicas e Instrumentos de recolección de datos.	28
3.6.1	Encuesta	28
3.7	Población y Muestra	29
3.8	Procesamiento de la información	32
3.9	Ejecución de encuestas	32
3.10	Ánalisis de resultados del modelo de encuesta	33
3.11	Relación de las variables y encuestas.	44
3.12	Comprobación de Hipótesis	45

## Capítulo IV

### Desarrollo de la propuesta

<b>No.</b>	<b>Descripción</b>	<b>Pág.</b>
4.1	Esquema general del prototipo desarrollado	46
4.2	Diagrama del proceso de control del equipo	47
4.3	Especificaciones del prototipo.	47
4.5	Programación del Microcontrolador 18F4550	60
4.8	Presupuesto del equipo	72
4.8.1	Costos de Hardware	72
4.8.2	Análisis económico de desarrollo de aplicación.	73
4.9	Equipo	74
4.9.1	Simulación del circuito	74
4.9.2	Equipo completo	75
4.10	Análisis de Resultados	75
4.11	Conclusiones	75
4.12	Recomendaciones	76
	<b>Anexos</b>	78
	<b>Bibliografía</b>	104

## Índice de Tablas

No.	Descripción	Pág.
1.	Formulación de Hipótesis.	6
2.	Variables de estudio para el desarrollo del estimulador de baja frecuencia.	7
3.	Tabla de frecuencias y tiempos de estimulación.	19
4.	Lista de variables para la determinación de la muestra.	32
5.	Frecuencia de visita de una persona a un centro de Fisioterapia.	34
6.	Tipo de tratamiento	35
7.	Tiempo de tratamiento con el Fisioterapeuta	36
8.	Conocimiento sobre IOT	37
9.	Características importantes en las sesiones.	38
10.	Asistencia a Domicilio	39
11.	Opinión sobre ventajas de control por internet	40
12.	Viabilidad del equipo de electroestimulación.	41
13.	Opinión sobre el presupuesto	42
14.	Viabilidad sobre la integración de IOT en el equipo de electroestimulación.	43
15.	Relación entre las variables y las encuestas	44
16.	Especificaciones del equipo de electroestimulación.	47
17.	Costo de materiales electrónicos del equipo.	72
18.	Valor de costo estimado del recurso humano.	73
19.	Ánalisis de costos de Plataforma y web service.	73

## Índice de Ilustraciones

No.	Descripción	Pág.
1.	Representación del almacenamiento en la nube. I	9
2.	Electroestimuladores musculares.	10
3.	Microcontrolador PIC18F4550.	11
4.	Configuración Astable del C. I 555.	11
5.	Configuración Monoestable del C. I 555.	12
6.	Diagrama de un Optoacoplador.	13
7.	Imagen de un ESP8266.	13
8.	Arquitectura de Google Cloud Platform.	14
9.	Gráfica una Web App.	15
10	Plataforma Ubidots.	16
11.	Gráfica de la señal eléctrica de Onda China.	17
12.	Señal de electroestimulación continua.	17
13.	Representación de la exploración para producir analgesia.	18
14.	Puntos Motores Musculares.	20
15.	Componentes del Enfoque de Investigación, 2018.	24
16.	Formulario de la encuesta en Google Drive.	29
17.	Gráfica de frecuencia de visita.	34
18.	Gráfica del tipo de tratamiento de fisioterapia.	35
19	Gráfica del tiempo de tratamiento con el Fisioterapeuta.	36
20	Gráfica del conocimiento sobre IOT.	37
21	Gráfica de las características importantes en las sesiones.	38
22	Gráfica sobre la asistencia a domicilio de las sesiones de electroterapia.	39
23	Gráfica sobre la opinión sobre ventajas de control por internet.	40
24	Gráfica sobre la viabilidad del equipo de electroestimulación.	41
25.	Gráfica de la opinión sobre el presupuesto.	42
26	Gráfica de viabilidad del equipo de electroestimulación.	43
27.	Esquema resumen de la función del prototipo.	46
28	Diagrama de control del funcionamiento del electro-estimulador.	47
29	Pines del PIC 18F4550.	50
30	Diseño Circuito estimulador.	52

31	Etapa de control.	53
32.	Etapa de protección.	53
33.	Círculo Negador.	53
34.	Señales superpuestas.	54
35.	Señal de estimulación.	54
36	Etapa de potencia.	55
37	Círculo Estimulador.	58
38	Pines ESP8266.	59
39	PCB del ESP8266.	59
40	Vista frontal del ESP8266.	60
41	Diagrama de programación del PIC.	60
42	Forma de onda de la envolvente.	61
43	Variable frecuencia.	61
44	Variable separación.	62
45	Variable tiempo de sesión.	62
46	Variable tiempo Duty Cycle.	62
47	Creación de las sesiones de forma manual.	63
48	Device y parámetros de la envolvente en Ubidots.	64
49	Rango en el Dashboard de Ubidots.	65
50	Creación de usuario para el dominio.	66
51	Llamado de parámetros entre Web y Ubidots.	67
52	Desarrollo de la BD.	67
53	Consulta de las tablas.	67
54	Administración de la BD.	68
55	Conexión web con HTDOCS.	68
56	Htaccess del sistema web.	69
57	Diagrama general del sistema Web.	69
58	Administración de usuarios.	70
59	Ingreso de pacientes al sistema web de Fisioterapia.	70
60	Control de pacientes.	70
61.	Historial de paciente.	70
62	Historial de sesiones por fecha.	71
63	Historial de parámetros por sesión.	71

64	Simulación del circuito del equipo de electroestimulación.	74
65	Onda de estimulación.	74

## Índice de Anexos

No.	Descripción	Pág.
1.	Modelo de la encuesta dirigida a los pacientes de Fisioterapia	79
2	Encuestas realizadas	81
3.	Código en MikroC para programar el PIC18F45	82
4.	Diseño PCB y 3D de os circuitos del equipo	89
5.	Hoja de datos	91
6.	Sesiones pre programadas	95
7.	Manual para el Paciente	96
8.	Manual Para el Fisioterapeuta	98



## ANEXO XIII.- RESUMEN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN (ESPAÑOL)



**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
CARRERA INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA**

---

### **“DESARROLLO DE UN ESTIMULADOR MUSCULAR A BAJA FRECUENCIA PARA EL TRATAMIENTO DE ELECTROTERAPIA, USANDO IOT, EN EL LABORATORIO SISMED”**

**Autor:** Parra León Emanuel Antonio

**Tutor:** Parra López Rodolfo Antonio

#### **Resumen**

El avance tecnológico de los últimos años ha permitido importantes aportes a la medicina, entre los cuales tenemos la implementación de la electrónica analógica y digital integrada al internet de las cosas (IOT). Sin embargo, en la actualidad todavía existen limitaciones en la actualización de tecnología médica en nuestro país, en el área de la Fisioterapia, por ejemplo, los Centros Fisioterapéuticos están condicionados al tratamiento presencial de sus pacientes, quienes precisamente en la mayoría de los casos tienen problemas para movilizarse fácilmente. El presente trabajo de investigación propone el diseño e implementación de un equipo de electroestimulación de baja frecuencia portable, controlado y configurado remotamente vía internet para el Laboratorio Sismed, que sirva como alternativa para llevar a cabo un tratamiento domiciliario de rehabilitación evitando la movilización frecuente del paciente durante su período de recuperación, con un equipo profesional de electroterapia que se ajuste a las normas médicas.

**Palabras Claves:** IOT, Fisioterapia, Electrónica.



## ANEXO XIV.- RESUMEN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN (INGLÉS)



**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
CARRERA INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA**

---



---

### **“DEVELOPMENT OF A LOW FREQUENCY MUSCULAR STIMULATOR FOR ELECTROTHERAPY TREATMENT, USING IOT IN THE SISMED LABORATORY”**

**Author:** Parra León Emanuel Antonio

**Advisor:** Parra López Rodolfo Antonio

#### **Abstract**

In the last years, the technology advance has allowed important contributions in the medicine area, among which we have the implementation of analog and digital electronics integrated into the Internet of Things (IOT). Nevertheless, there are still limitations in updating medical technology in our country, in the physiotherapy area, for example, the Physiotherapeutic Centers are conditioned to the face-to-face treatment of their patients, who precisely, most of the cases have troubles moving easily. This research work proposes the design and implementation of portable, controlled electrostimulation equipment of low frequency and remotely configured via the Internet for the Sismed Lab, which is used as an alternative to carrying out a rehabilitation home treatment avoiding frequent mobilization of the patient during his recovery period with professional electrotherapy equipment that fits medical standards.

**Keywords:** IOT, Physiotherapy, Electronics.

## **Introducción**

Dentro de los descubrimientos a lo largo de la historia, el ser humano ha creado un vínculo entre la ciencia y sus aplicaciones en diferentes áreas, del cual una de ellas es la electricidad.

La electricidad antes de ser descubierta en la antigüedad fue usada por médicos y botánicos de la prehistoria como Hipócrates, Galeno, Sorano de Éfeso, Dioscórides entre otros, que ya trataban afecciones con técnicas donde involucraron el uso de la electricidad mediante descargas producidas por ciertos peces como: pez gato y pez torpedo. Del cual su hábitat es de agua dulce y salada y su rango de descarga pueden superar los 45 [V] en un rango de frecuencia que oscila entre 1 [Hz] y 200 [Hz]. (Miguélez, Liaño, López, 2001, p. 53).

Entre tanto este ha sido el principio que ha llevado a la implementación de nuevas técnicas para el tratamiento terapéutico aplicando electricidad en el hombre, a estas técnicas se las conoce como técnicas de electroterapia.

Los médicos del siglo XVIII tales como: B. Franklin, J. Wesley, C. Gottlieb fueron los primeros galenos electro terapeutas en el mundo. Incluso el médico C. Gottlieb fue quien publicó el primer artículo sobre la electroterapia en el año de 1746, ya más tarde médicos como A. Von Haller, fundamentaron y demostraron que el mismo organismo del hombre mediante la actividad muscular genera electricidad. (Blázquez, 2018).

En la actualidad la electroterapia se la aplica en la electroestimulación muscular, esto ha generado un amplio nicho de mercado creando centros de tratamiento integral (WB-EMS, electroestimulación de cuerpo completo) para el área de rehabilitación física y deportiva, siendo los responsables de llevar este control los fisioterapeutas en casos de reducción o eliminación de dolor y derivados. Entre tanto la dependencia entre el hombre y el internet ha llevado a explorar diferentes formas de comunicarnos y mejorar la calidad de vida, uno de estos es IOT o Internet de las cosas.

IOT nos permite mediante su implementación tener conectividad entre el hombre y las cosas para el monitoreo, control, automatización tanto de lectura como escritura de diferentes tipos de sensores.

Considerando las ventajas que se obtiene mediante la electroestimulación muscular, en este trabajo se propone el desarrollo de un estimulador muscular a baja frecuencia para el tratamiento de electroterapia usando IOT (Internet de las cosas), en el cual junto al

desarrollo de un sistema web se controlará la asistencia médica y control de sesión por el profesional a cargo de la terapia.

Debido a esto se integrará IOT entre un microcontrolador y el ESP8266 en un equipo de electroestimulación de baja frecuencia para el monitoreo y control de sesiones de electroterapia entre un fisioterapeuta y el paciente, teniendo así una gran optimización en tiempo, adquisición y monitoreo de control y movilización.

En este equipo se utilizará un lenguaje de programación de alto nivel como lo es “C” para programar el microcontrolador PIC18F4550 mediante el compilador MikroC PRO for PIC desarrollado por Mikroelektronika, el mismo que controlará y generará las señales eléctricas de salidas del prototipo para así cumplir los parámetros asociados con la electroterapia.

Este equipo consta de dos etapas principales: control y potencia. La etapa de control está bajo la conectividad del ESP8266 y el PIC18F4550 y la de potencia está bajo la acción del oscilador C.I 555 que generará una señal de alta frecuencia bajo la envolvente de baja frecuencia, siendo esta señal amplificada por medio de un transformador elevador de voltaje para poder usarse mediante electrodos.

## **Capítulo I**

### **Problema**

#### **1.1 Planteamiento del problema.**

La fisioterapia ha evolucionado y alcanzado un gran avance en el desarrollo tecnológico, entre sus métodos y técnicas está el uso de la electroterapia, la cual es una herramienta de gran importancia para el profesional en el tratamiento, recuperación y prevención de un gran número de enfermedades.

Sin el conocimiento de los fundamentos importantes que lleva consigo la electricidad y todas sus aplicaciones se vuelve inviable las acciones terapéuticas que conlleva la fisioterapia en este campo, lo que solo generaría problemas debido a su mal uso y condicionamiento para la persona a tratar.

Es muy común encontrar pacientes que aún se abstienen de tratarse mediante la estimulación eléctrica ya sea por fobia a la electricidad, o por el miedo a que sea mal acondicionado su tratamiento que en varias ocasiones es aplicado por enfermeras que no tienen la experticia con determinados equipos, ni la paciencia ante determinados pacientes, frente a previas experiencias y/o comentarios de personas ajenas al método.

La estimulación eléctrica está comprobada clínicamente para el tratamiento del dolor para las siguientes situaciones comunes en los pacientes que hagan uso de esta tecnología: dolor de espalda, dolor en las articulaciones, dolor lumbar. (Kemmler, Wolfgang & Bebenek, Michael & Engelke, Klaus & Stengel, Simon, 2013).

Actualmente en el mercado existe un sin número de equipos para la aplicación de electroterapia, pero solo los equipos “caseros” están valorados en un costo mayor a 100 dólares americanos y los equipos “profesionales” pueden llegar incluso a los 1 000 USD, y gran cantidad de fisioterapeutas no tienen al alcance un equipo portátil de gran fiabilidad y factibilidad para hacer uso en su profesión y tratar pacientes particularmente.

Tal como se plantea la situación se hace imperioso el desarrollo de un estimulador eléctrico a baja frecuencia con la finalidad de poder tratar estas patologías con fiabilidad y a precios asequibles de forma que el fisioterapeuta pueda manejar varios clientes y con la facilidad de poder modificar los parámetros del tratamiento desde la comodidad de su consultorio mientras el paciente se encuentra en su hogar y que además cumpla los parámetros asociados con la electroterapia.

## **1.2 Objeto de la investigación**

Mediante la implementación de un prototipo de estimulación para el tratamiento de electroterapia usando IOT, determinar las facilidades que genera el acceso a esta tecnología por parte del profesional fisioterapeuta y sus pacientes; haciendo que el prototipo cumpla con todos los parámetros para un tratamiento efectivo.

Esto determinará la posible solución ante la problemática entre el fisioterapeuta y el paciente en cuanto a mejora de portabilidad, control y monitoreo del equipo de fisioterapia.

## **1.3 Sistematización del problema**

Para diseñar e implementar un estimulador para el tratamiento de electroterapia usando IOT se requieren realizar las siguientes interrogantes expuestas a continuación:

- ¿Cuáles son las limitaciones actuales en los fisioterapeutas para la buena práctica de electroterapia?
- ¿Qué tipo de patologías se pueden tratar con la implementación de este equipo?
- ¿Qué tipo de conectividad existe entre el equipo y el paciente para el monitoreo y control de las señales eléctricas?
- ¿Cómo se realiza implementación IOT en el equipo a través de la aplicación web?
- ¿En qué ayuda el desarrollo de una aplicación web en la Fisioterapia?
- ¿En qué contribuye la conectividad IOT entre el equipo y la aplicación web dentro de la Fisioterapia?

## **1.4 Determinación del tema**

**“DESARROLLO DE UN ESTIMULADOR MUSCULAR A BAJA FRECUENCIA PARA EL TRATAMIENTO DE ELECTROTERAPIA, USANDO IOT, EN EL LABORATORIO SISMED”**

## **1.5 Objetivos**

### **1.5.1 Objetivo General**

Facilitar el proceso de tratamiento de electroterapia en pacientes mediante la Electroestimulación implementado IOT.

### 1.5.2 Objetivos Específicos

- Investigar el desarrollo de aplicaciones del internet de las cosas en el ámbito de la medicina y de los elementos necesarios para la estimulación de electroterapias.
- Realizar levantamiento de información aplicando la metodología necesaria para su análisis mediante el uso de herramientas estadísticas.
- Desarrollar un prototipo de estimulación a baja frecuencia para aliviar el dolor muscular mediante la electroterapia, creando una aplicación web entre el Fisioterapeuta y el prototipo.
- Establecer la conectividad remota entre un equipo basado en microcontrolador con un aplicativo web, integrando IOT.

### 1.6 Justificación

Es de vital importancia tener en consideración que a medida que pasa el tiempo en las diferentes ramas de tecnología se generan nuevas investigaciones, estudios e implementaciones a nivel global.

El desarrollo e implementación de este estimulador tiene como propósito brindar una solución viable al profesional fisioterapeuta para que tenga alcance a esta tecnología y pueda ejercer su profesión de manera particular mediante un buen entorno de desarrollo electrónico y web. Este prototipo brindará una intuitiva interfaz tanto en el equipo físico como web para que el profesional ejerza con seguridad las sesiones en los pacientes, además brindará un fácil transporte de este.

### 1.7 Delimitación del problema

Debido a la gran necesidad del uso de estimulación eléctrica para ayudar en tratamientos de fisioterapia, este proyecto va dirigido a pacientes con problemas de lesiones musculares aplicando corriente en la zona de dolor mediante un tiempo estipulado por el profesional a cargo. En laboratorio Sismed el equipo se usará en la rehabilitación muscular para corregir afecciones de mialgias tales como Reumatismo Muscular, Calambre Muscular y Atrofia Muscular. Cabe mencionar que este equipo de Electroestimulación no deberá hacerse uso en pacientes que estén dentro de los siguientes puntos:

- Afecciones en la piel del tipo de infecciosas
- Patologías cardiacas

- Hipertensión
- Pacientes con marcapasos

Cualquier otra contraindicación tendrá que ser evaluada por el profesional a cargo de la rehabilitación del paciente. (Terapia física, 2017).

## 1.8 Hipótesis

La utilización de un equipo de electroterapia controlado por IOT facilita el proceso de tratamiento de afecciones mialgias.

**Tabla 1.** Formulación de Hipótesis.

Variable	"Electroterapia controlada por IOT"	"Tratamiento de Mialgias"
<b>Definiciones conceptuales</b>	"Electroterapia consiste en aplicar energía electromagnética al organismo con el fin de producir sobre el reacciones biológicas y fisiológicas, las cuales se aprovecharán para mejorar tejidos donde se encuentra a enfermedad"(Terapia-Fisica.com, 2020); IOT viene del inglés "Internet Of Things", es decir, "Internet de las cosas" (Deloitte, 2020)	"La mialgia popularmente, conocida como dolor muscular, se produce normalmente debido al estrés mecánico sobre estructuras sensibles como ligamentos, articulaciones, vértebras y músculos"(Medical Assistant, 2017)
<b>Definiciones operacionales</b>	"Encuesta realizada a pacientes antes y después de la sesión de electroterapia"	"Revisión de datos recopilados de la encuesta realizada a un grupo de personas que frecuentemente realiza sesiones terapéuticas en diferentes centros de salud"

*Información tomada del Planteamiento del Problema. Elaborado por el autor*

### 1.8.1 Variables

#### Variable independiente: Electroterapia controlada por IOT

**Causa:** Diseñar un equipo de electroestimulación a baja frecuencia para aliviar el dolor muscular mediante la Electroterapia controlando las sesiones mediante IOT.

**Variable dependiente: Proceso de tratamiento de mialgias.**

**Consecuencia:** Mejora en la recepción de sesiones de electroterapia con un equipo de electroestimulación monitoreado por un Fisioterapeuta a través de IOT controlando los tiempos de estimulación y la frecuencia de estimulación.

### 1.9 Conceptualización de las variables

**Prototipo:** Es un equipo bajo un diseño electrónico en el que se integra IOT y la electroterapia, nos permite controlar los parámetros que se requieren en sesiones de electroestimulación y en el cual el paciente pueda ser tratado desde su hogar. Representa una versión mejorada a los equipos de electroestimulación que existen actualmente, ya que dichos equipos son controlados de forma manual.

**Electroterapia:** Las sesiones de electroterapia son controladas por medio de tiempos de estimulación y frecuencia en las que se generan, esto indica la importancia al diseñar un equipo de electroestimulación y que dichas sesiones sean seguras para el paciente.

### 1.10 Operacionalización de las variables

**Tabla 2.** Variables de estudio para el desarrollo del estimulador de baja frecuencia.

Variables	Indicadores
Paciente	<ul style="list-style-type: none"> <li>Número de personas tratadas con el equipo de estimulación muscular.</li> </ul>
Electroestimulación	<ul style="list-style-type: none"> <li>Generación de onda de corriente controlada por un microcontrolador mediante IOT.</li> </ul>
Tiempo de sesión	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tiempo empleado en el tratamiento incluyendo la movilización del paciente desde su domicilio hasta el consultorio del fisioterapeuta.</li> </ul>
Fisioterapeuta	<ul style="list-style-type: none"> <li>Requerimientos para el mantenimiento del sistema web y electrónico.</li> </ul>

*Información tomada de los componentes del estimulador a baja frecuencia, Elaborado por el autor*

## **Capítulo II**

### **Marco Teórico**

#### **2.1 Antecedentes de la Investigación**

##### **2.1.1 Antecedentes del problema**

Existen varios tipos de tratamiento de electroestimulación y uno de ellos es el tratamiento mediante el control de frecuencia, es decir tratar las afecciones ya antes descritas con señales eléctricas pulsantes de baja, media y alta frecuencia.

Según (Dunn,2020) menciona que el tratamiento de electroterapia en la actualidad está llegando a su apogeo con el desarrollo de nuevas tecnologías que ayudan a minimizar errores en la implementación de microprocesadores en las etapas de control de corriente y esto cada vez vuelve más eficaz y segura la sesión en las personas. A su vez se ha vuelto más accesible el tratamiento para el fisioterapeuta mediante el control de sesión por medio del internet de las cosas.

El desarrollo a mejoras de esta modalidad tiene un impacto seguro en la salud de los pacientes. Todas estas mejoras cada día son parte de la integración de áreas científicas con la salud tales como: electrofisiología, medicina y bioingeniería.

La implementación de la electroterapia se ha vuelto muy importante para otras ramas de especialización en la salud tales como: Traumatología y Fisioterapia.

Respecto a lo que cita (Page, Green, Mrocki, Surace, Deitch, Mcbain, Lyttle, Buchbinder, 2016) las modalidades de electroestimulación son ramas de la fisioterapia que se administran para procurar en aliviar el dolor en las afecciones y mejorar constantemente el tratamiento mediante el control de la energía sea esta eléctrica, térmica, etc. Todas las mejoras que se describen en esta investigación están presentes en la actualidad en tratamientos tales como: estimulación nerviosa transcutánea, ultrasonido terapéutico, terapia con láser, y estimulación mediante campo electromagnético pulsante.

En cuanto afirma (Urbano,2018) los efectos que se obtienen del resultado al tratar la corriente eléctrica como método de estimulación para el dolor son: la generación de calor en la piel, y el efecto electroquímico, esto es que mientras la sesión está efectuándose los receptores nervio-sensitivos de la piel generan analgesia cuando la señal eléctrica pulsante con la que se está tratando es de baja frecuencia es decir menor a 1000 [Hz].

### 2.1.2 Antecedentes de la implementación

En la actualidad el concepto de internet de las cosas IOT por sus siglas en inglés es cada vez menos ignoto en nuestra sociedad, ya que con los avances de la tecnología se vuelve de mayor utilidad e importancia en nuestra vida. Se ha hecho tan prescindible su implementación en áreas donde la conectividad de red y el control de sistemas se vean más autónomos mediante el total manejo de sensores, microprocesadores donde exista interconexión de datos mediante internet.

Cada vez en más notorio la necesidad de ser administradores de equipos inteligentes como Smartphone, pc y portátiles personales y esto es aprovechado para IOT ya que mediante estos quipos podemos gestionar actividades de nuestros sistemas.

Según (Rose, Eldridge, Chapin, 2015) en áreas como la Salud es propicio tener dispositivos para gestionar y monitorear equipos médicos con conexión a la red, esto está revolucionando la manera en la que se ofertan servicios de salud en todo el mundo.

La integración de equipos como celulares, computadoras con sensores y redes para el monitoreo y control de sistemas se está volviendo más común de lo imaginado, todo esto ha sido gracias a la afluencia de distintos mercados tecnológicos y esto hace que sea cada vez más una idea generalizada por los usuarios. La conectividad con la que opera IOT es mediante los protocolos IP, y esto ha fortalecido la necesidad de optar por el almacenamiento en la nube.



**Figura 1.** Representación del almacenamiento en la nube. Información tomada de INCIBE. Elaborado por el autor.

### 2.2 Equipos existentes en el medio

En la actualidad existe un mercado competitivo en el cual existe gran variedad de equipos de electroestimulación para el tratamiento de electroterapia manuales, siendo estos ofertados en plataformas virtuales como Mercado Libre Ecuador, yendo desde

equipos caseros con pequeñas sesiones pre programadas hasta equipos profesionales con una gran variedad de sesiones pre programadas en sus microprocesadores que se ajustan a lo más próximo al equipo propuesto en este trabajo de investigación.

Se adjunta los equipos de electroestimulación manual ofertados en la plataforma de venta online Mercado Libre Ecuador:



**Figura 2. Electroestimuladores musculares.** Información tomada de Mercado Libre Ecuador.  
Elaborado por el autor.

## 2.3 Marco Referencial

### 2.3.1 Microcontrolador

Un microcontrolador es un circuito integrado programable en el que se pueden desarrollar proyectos enfocados al campo de la electrónica y automatización para efectuar acciones tales como tomar y generar órdenes provenientes de diferentes tipos de sensores mediante algunos tipos de transmisión de datos ya sea esta alámbrica o inalámbrica.

Consta de puertos I/O que permiten la integración de muchos componentes electrónicos para su mejor desarrollo. Su aplicabilidad práctica es porque su diseño está enfocado para ser integrados en aplicativos embebidos asemejando su funcionamiento a los microprocesadores usados en computadores. Ya que constan con una rápida lectura y escritura de datos en ellos se pueden generar diferentes tipos de acciones tales como:

- Interrupciones
- Temporizadores
- Convertidos Analógico Digital AD
- Convertidores Digital Analógico DA

- Comunicación (I2C, Serial)
- UARTs

Su funcionamiento es prescindible de un lenguaje de programación tal como ASM, Basic, C, Assembler, entre otros. Su utilidad también se ve reflejada por su rápida respuesta a instrucciones que se ejecutan en ellos ya que constan con osciladores externos e internos dependiendo del modelo y esto hace que sea óptima su implementación. (Verle M, 2004)



**Figura 3.** Microcontrolador PIC18F4550. Información tomada de [www.mikroe.com](http://www.mikroe.com). Elaborado por el autor.

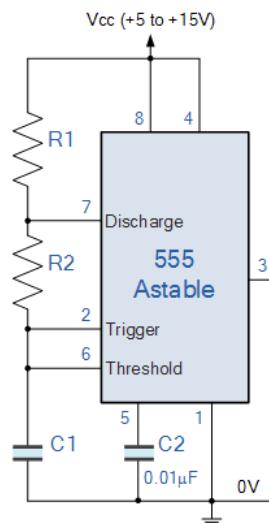
### 2.3.2 Circuito Integrado 555

Es un circuito integrado que consta de 8 pines y en los cuales sus funcionalidades son de poder trabajar con ellos en diferentes modos tales como:

#### 1) Oscilador

##### 1.1) Astable

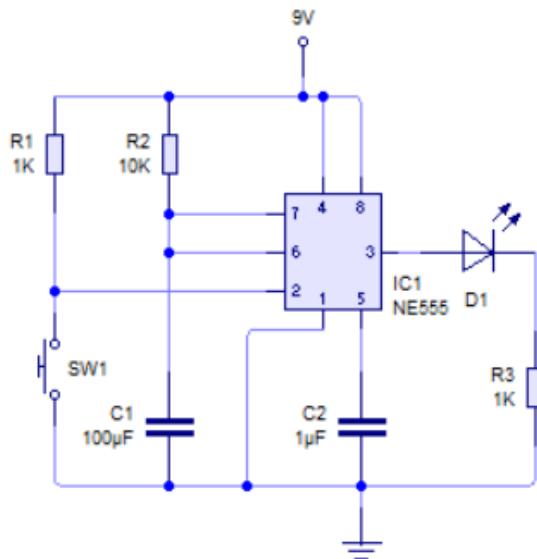
Es un tipo de multivibrador que carece de un estado estable, esto es, que tiene dos estados en los que comuta por sí solo, permaneciendo un tiempo pre establecido en cada uno de esos dos estados. Ya sea alto o bajo.



**Figura 4.** Configuración Astable del C. I 555. Información tomada de Electronics. Elaborado por el autor.

## 1.2) Monoestable

Es aquel modo en el cual mediante una pulsación en un pin de nomenclatura interna del circuito 555 este cambiará de un estado a otro una sola vez por un tiempo establecido según la configuración, quedando de la siguiente manera: “Si inicialmente se encuentra en estado alto la salida entonces solo si se da un pulso eléctrico en unos de los pines del 555 este estado inicial cambiará a bajo por un tiempo determinado por la fórmula en configuración de ese modo una única vez”



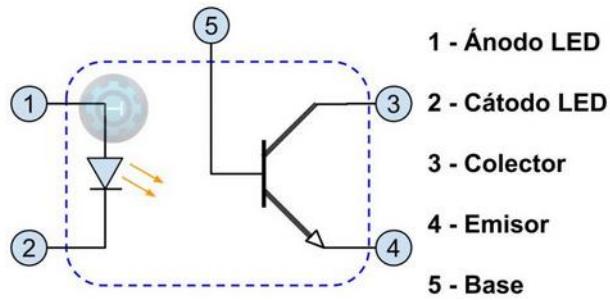
**Figura 5. Configuración Monoestable del C. I 555.** Información tomada de Electronics. Elaborado por el autor.

### 2.3.3 Optoacoplador

Un Optoacoplador también se lo conoce con el nombre de optoaislador es un elemento electrónico que sirve para aislar etapas en circuitos de forma óptica, es decir permite una conexión eléctrica entre dos circuitos mediante la acción de un foto-diodo siendo estos circuitos alimentado de diferentes fuentes de alimentación. (Estrada, 2017)

A continuación, se muestra sus aplicaciones:

- 1) Operación por pulso
- 2) Operación lineal

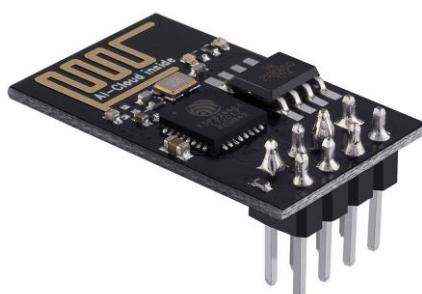


**Figura 6. Diagrama de un Optoacoplador.** Información tomada de Hepto-Store. Elaborado por el autor.

### 2.3.4 Esp8266

El ESP8266 es un chip Wi-Fi de bajo coste que funciona mediante el protocolo TCP/IP. Incluye un microcontrolador (Tensilica Xtensa LX106) para manejar dicho protocolo y el software necesario para la conexión 802.11. Además, la mayoría de los modelos dispone de entradas/salidas digitales de propósito general (GPIO), así como una entrada analógica (ADC de 10bit). Su aplicación se muestra a continuación:

- Electrodomésticos conectados.
- Automatización del hogar.
- Automatización de la industria.
- Monitor de bebés.
- Cámaras IP.
- Redes de sensores.
- Wereables.
- IOT (Internet of Things, Internet de las Cosas)



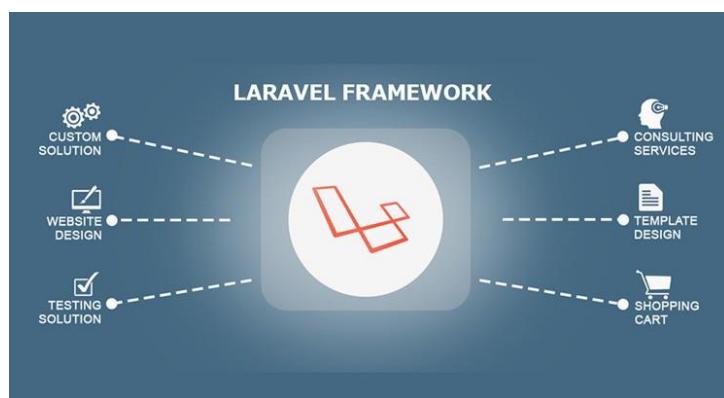
**Figura 7. Imagen de un ESP8266.** Información tomada de Amazon.com. Elaborado por el autor.

### 2.3.5 Framework

En los últimos años dentro del ambiente de desarrollo de software el concepto de Framework o también llamado marco de trabajo se ha popularizado en gran manera en esta área de desarrolladores. El término Framework es muy común encontrarlo en distintas circunstancias ya sea: leyendo un libro sobre programación, investigando sobre desarrollo o sobre alguna tecnología Web en general. Es una estructura de soporte definida en la cual otro proyecto de software puede ser organizado y desarrollado.

Típicamente, un Framework puede incluir soporte de programas, librerías y un lenguaje de scripting entre otros softwares para ayudar a desarrollar y unir los diferentes componentes de un proyecto. Se considera como una arquitectura de software que modela las relaciones generales de los componentes del proyecto que lo implementa: provee una estructura y manera de trabajo la cual utilizan las aplicaciones del proyecto.

La finalidad de la utilización de los Frameworks es facilitar el desarrollo del software, así permitiendo a diseñadores y programadores concentrarse en los requerimientos específicos del proyecto, reduciendo así los posibles problemas con las tecnologías utilizadas, así como facilitando ciertas funcionalidades básicas y comunes.



**Figura 8. Arquitectura de Framework Laravel.** Información tomada de Google Services.  
Elaborado por el autor.

### 2.3.6 Web App

La definición de Web App se refiere a que es una web que se ha adaptado en un buscador en diferentes versiones ya sean estas de escritorio, o móviles en las que se consigue su integración se puede lograr la visualización de la web en dispositivos móviles.

Se limita a un conjunto de programas que tienen un objetivo dinámico, en el que se recolectan datos que varios usuarios ingresan en ella. Un gran ejemplo de aquello es

Mega, Dropbox o Netflix en la que en cualesquiera de las tres opciones presentadas se deben ingresar y convalidar datos.

En su mayoría una web app no siempre se ajusta en el equipo que se vaya a ejecutar, ya que hay inconvenientes en el ajuste de periféricos tanto de accesibilidad, espacio de trabajo, y terminales que existen en los navegadores de internet en los dispositivos móviles.



**Figura 9. Gráfica una Web App.** Información tomada de Intercoud.com. Elaborado por el autor.

### 2.3.7 Firebase

Como se habló de los servicios que ha integrado google, Firebase es una plataforma que se incluyó en el área de aplicaciones móviles, en la que su mayor importancia es la de permitir el desarrollo y la facilidad en la creación de aplicaciones en óptimas condiciones en lo que refiere a la gestión de calidad de una manera ágil y rápida.

Todas estas aplicaciones que se generan en base a Firebase están en desarrollo en distintas plataformas de programación como lo puedes ser de tipo móvil, Android e iOS, todas estas aplicaciones contienen en variedad muchas funciones con el fin que se adapte a la necesidad del desarrollador.

En Firebase tenemos dos principales características las cuales impulsan un mejor desarrollo de las aplicaciones.

a) Desarrollo

b) Monetización

Firebase es una adquisición de Google y este gran gigante de la información ha creado distintos manuales de documentación para Firebase y en el cual podemos guiarnos para empezar a desarrollar. (Pérez M, 2016)

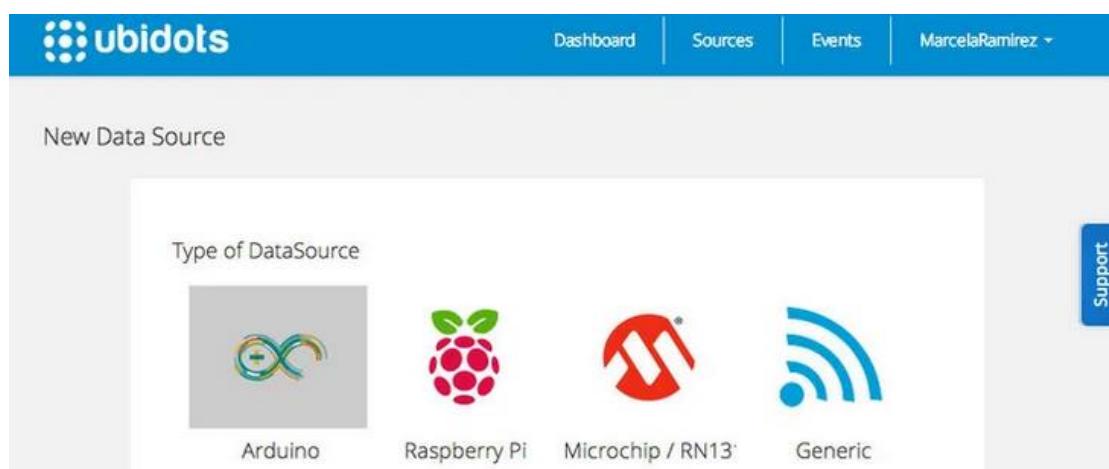
### 2.3.8 Ubidots

Ubidots es una plataforma compacta de desarrollo tecnológico en IOT (Internet de las cosas) en la que se integra diferentes ramos como tecnología, economía, medicina, etc.

Su entorno se basa en generar aplicaciones para resolver problemáticas ya sea por medio de sensores. Es accesible en todo el mundo, y su acceso puede ser generado mediante dos modos, ya sea la versión gratuita que consta de un tiempo de prueba de 30 días para controlar nuestros aplicativos o la versión de paga, que sus precios varían respecto a la cantidad de elementos que necesitemos. Esta plataforma de desarrollo está enfocada a la industria y a cualquier mercado en general que se quiera adquirir datos mediante internet con sensores ya a nivel empresarial.

Cuenta con los siguientes protocolos de comunicación (MQTT/HTTP/TCP/UDP).

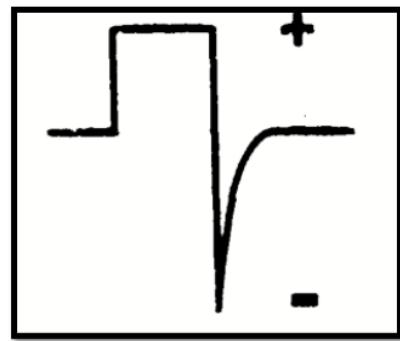
Es un servicio en la nube que nos permite almacenar y controlar datos en tiempo real mediante el mismo aplicativo web que esta plataforma ofrece. Ubidots también se pueden integrar diferentes aplicativos de desarrollo electrónico tales como, Arduino, Raspberry, Microchip, Texas, Generic en todas sus versiones con todas sus placas de desarrollo.



*Figura 10. Plataforma Ubidots. Información tomada de Ubidots.com. Elaborado por el autor.*

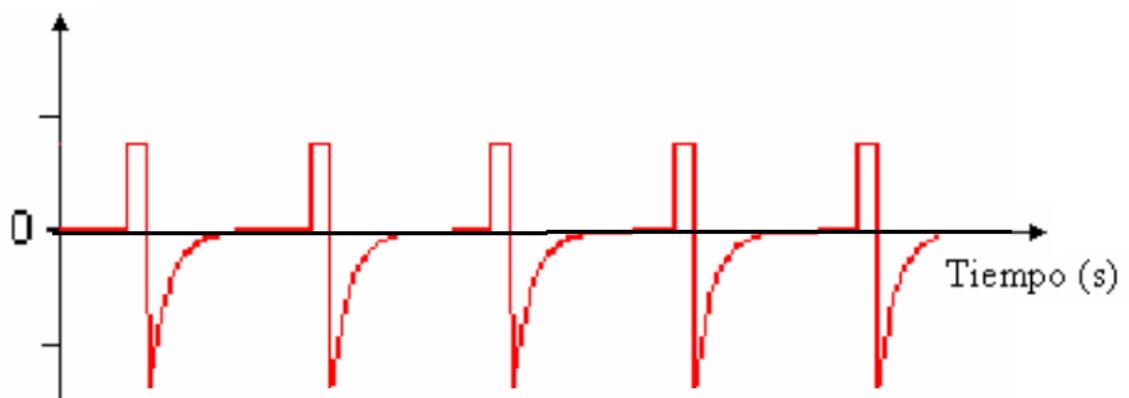
### 2.3.9 Ondas de estimulación

Existe un tipo de onda específica, la cual aplicada en diferentes modos libera encefalinas y endorfinas, que son sustancias encargadas de la reducción del dolor. Esta onda es conocida como “Onda China” que está compuesta de un pequeño impulso rectangular positivo y una formación en punta en su parte negativa.



**Figura 11. Gráfica de la señal eléctrica de Onda China.** Información tomada de Google.  
Elaborado por el autor.

Es necesario aplicar dicha onda a frecuencias variables, es decir, ciclo de trabajo en el orden de los Hz y frecuencia de estimulación en el orden de los KHz. La alta frecuencia es aprovechada para eliminar los dolores rápidamente, aunque si el paciente los padece de forma aguda, el tratamiento debe prolongarse; es decir, tratarlo con alta frecuencia, y una vez atenuadas las molestias, pasar a las oscilaciones más bajas. (Gómez R, Ángel, & Romanos Zapata, Mukoil, 2003)



**Figura 12. Señal de electroestimulación continua.** Información tomada de Umbral Científico.  
Elaborado por el autor.

### 2.3.9 Corriente analgésica TENS

El TENS es una herramienta muy corta en sus posibilidades como sistema de analgesia. Las mayores potencialidades analgésicas están en corrientes de los equipos estándar y profesionales. Mayormente es una estimulación de baja frecuencia, normalmente se la emplea para analgesia, esto es para respuestas sensitivas y motoras.

Debido a que es una sesión de baja frecuencia su rango oscila entre 1 Hz y 150 Hz.

Normalmente las formas de ondas en este tipo de corriente son de tipo:

- 1) Cuadrangulares Monofásicos

- 2) Bifásicos Consecutivos
- 3) Bifásicos desfasados

### 2.3.10 Electroanalgesia

Se propone que la electroanalgesia esté basada en la exploración y en el enfoque que clasifica los dolores musculo – esqueléticos y articulares según la figura inferior en tres tipos de y causas de dolor:

**Dolor bioquímico.** Se tratan con corrientes que posean polaridad y componente galvánico. El bombeo circulatorio también influye en la bioquímica.

**Dolor neurálgico.** Se trata mediante corrientes con fuerte estímulo sensitivo y no requieren componente galvánico. Se recomiendan corrientes de baja frecuencia y de media frecuencia. En baja frecuencia se aplicarán frecuencias de 80 a 150 Hz (TENS). En media frecuencia, barridos de modulaciones entre 80 y 150 Hz o directamente la portadora con modulación 0 Hz. (Rodríguez J, 2019, p35)



*Figura 13. Representación de la exploración para producir analgesia. Información tomada de Fisioterapeuta.com. Elaborado por el autor.*

### 2.3.11 Tabla de tiempos y frecuencias

Los trenes de farádicas se regulan con tiempo de pulso y tiempo de reposo dentro del tren.

Los trenes de alto voltaje se regulan con frecuencia dentro del tren y anchura de pulso.

Los trenes de media frecuencia se ajustan con frecuencia dentro del tren y anchura de pulso (o ajustando el RATIO pulso: reposo). (Rodríguez J, 2019, p31)

**Tabla 3.** Tabla de frecuencias y tiempos de estimulación.

	FIBRA LENTA	FIBRA MEDIA	FIBRA RÁPIDA	NERVIO MOTOR
FARÁDICA	P 3- 5 ms R <b>20</b> - 30 ms	P 1 – 3 ms R <b>15</b> – 20 ms	P 0.5 – 1 ms R <b>12</b> – 15 ms	P 0.3 – 0.5 ms R <b>10</b> – 12 ms
ALTO VOLT.	P 0.3 – 0.5 ms F 40 – <b>50</b> Hz	P 0.3 – 0.5 ms F 50 – <b>65</b> Hz	P 0.3 – 0.5 ms F 65 – <b>80</b> Hz	P 0.3 – 0.5 ms F 80 – <b>100</b> Hz
KOTS	P 6 – 10 ms F 40 – <b>50</b> Hz	P 4 – 8 ms F 50 – <b>65</b> Hz	P 2 – 6 ms F 65 – <b>80</b> Hz	No son específicas.

Información tomada de *Fisioterapeuta.com*. Elaborado por el autor.

### 2.3.12 Dosificación de la Electroterapia

La electroterapia en general será utilizada para conseguir los efectos fundamentales siguientes:

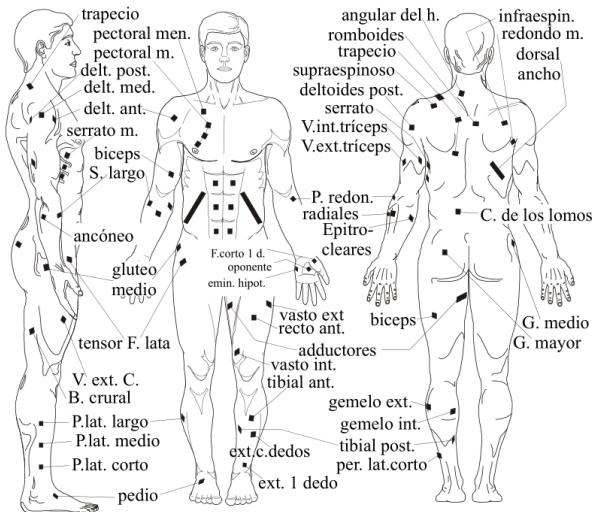
- Efecto sensitivo o actuación sobre el sistema nervioso sensitivo destinado a concienciación sensitiva y analgesia mediante corrientes de baja frecuencia (menos de 1.000 Hz) o modulaciones de media. La dosificación se basa en la respuesta sensitiva del paciente. En muchas circunstancias hay que evitar la respuesta motora y no sobrepasar el límite teórico del componente galvánico. La referencia de intensidad pasa a un segundo plano.
- Cambios electroquímicos o actuación sobre los componentes que forman las disoluciones orgánicas, influyendo en el metabolismo, con la corriente galvánica o interrumpidas galvánicas. La dosificación se basa, en este caso, en no sobrepasar el límite teórico del componente galvánico, en la respuesta sensitiva del paciente, y en evitar la respuesta motora. La referencia de intensidad es fundamental y no se debe sobrepasar el límite de 0,1 mA/cm<sup>2</sup>.
- Efectos térmicos o actuación sobre los tejidos de manera que, al ser circulados por la energía electromagnética, se genere calor dentro de ellos por la ley de Joule utilizando corrientes de alta frecuencia (por encima de los 500.000 Hz).
- La galvánica también posee propiedades térmicas. La dosificación en estos casos, de termoterapia, se basa en la percepción térmica del paciente (subjetiva). La clasificaremos en niveles desde el I hasta el V.
- Aporte energético al organismo, situación que podemos ampliar por extensión a los puntos anteriores, pero que la reservaremos más concretamente para ese grupo de

formas de la electroterapia que aportan diversidad de energía (no eléctrica) con la finalidad de alterar secundariamente procesos metabólicos, los cuales normalmente nos resolverán problemas producidos por alteraciones patológicas. La dosificación depende de cálculos teóricos, de decidir la cantidad de energía que se pretende depositar, del tiempo total de la sesión, de la potencia del aparato, del tejido tratado, del tamaño de la zona tratada, etc. (Rodríguez J, 2019, p11)

### 2.3.13 Potencia y Dosis

- Potencia es la energía aplicada justo en un segundo. Se expresa en Vatios (W). La potencia se ajusta en el equipo aplicador.
- Dosis es la energía aplicada al final de la sesión considerando la potencia y la superficie de la zona tratada. Se expresa en J/cm<sup>2</sup>. La dosis se decide antes de aplicar la sesión.

El exceso de potencia provoca molestias en el paciente en el momento de aplicar la sesión. La baja potencia no consigue acumular energía. El exceso de dosis provoca molestias en el paciente durante las horas siguientes a su aplicación. La dosis baja consigue efectos terapéuticos muy débiles. (Rodríguez J, 2019, p14)



**Figura 14. Puntos Motores Musculares.** Información tomada por Fisioterapeuta.com.

Elaborado por el autor.

## 2.4 Marco Legal

### 2.4.1 Marco legal de software libre

Según se detalla una recopilación correspondiente a fomentar del desarrollo del software libre en el Ecuador.

#### 2.4.1.1 Decreto 1014

El Ecuador emitió el Decreto N° 1014 en abril del 2008, basado en los siguientes puntos principales:

#### 2.4.1.2 Cumplimiento de recomendaciones internacionales

- La Carta Iberoamericana de Gobierno Electrónico aprobada por la “IX Conferencia Iberoamericana de Ministros de Administración Pública y Reforma del Estado”, que aconseja el uso de modelos abiertos y software libre como instrumentos informáticos.

Con los objetivos fundamentales de:

- Alcanzar la soberanía y autonomía tecnológica.
- Alcanzar un ahorro significativo de recursos públicos.

Se dictaminó como política pública el uso de software libre en los respectivos sistemas y los equipamientos informáticos en las Entidades de la Administración Pública Central considerando la definición de Software Libre las cuatro libertades promulgadas. Por Richard Stallman. (Silva Francisco, Asociación de Software Libre del Ecuador, 2015).

### 2.4.2 Constitución de la República de Ecuador

**Art.326 Numeral 5** de la Constitución de la República establece que: “Toda persona tendrá derecho a desarrollar sus labores en un ambiente adecuado y propio, que garantice sus salud, integridad, seguridad, higiene y bienestar”.

### 2.4.3 Ley Orgánica de la Salud

#### Del derecho a la salud y su protección

**Art 3** La salud es el completo estado de bienestar físico, mental y social y no solamente la ausencia de afecciones o enfermedades. Es un derecho humano inalienable, indivisible, irrenunciable e intransigible, cuya protección y garantía es responsabilidad primordial del Estado; y, el resultado de un proceso colectivo de interacción donde

Estado, sociedad, familia e individuos convergen para la construcción de ambientes, entornos y estilos de vida saludables.

**Art.95** La autoridad sanitaria nacional en coordinación con el Ministerio de Ambiente, establecerá las normas básicas para la preservación del ambiente en materias relacionadas con la salud humana, las mismas que serán de cumplimiento obligatorio para todas las personas naturales, entidades públicas, privadas y comunitarias.

**Art 184** Es obligación de los servicios de salud exhibir en sitios visibles para el público, las tarifas que se cobran por sus servicios, las mismas que deben estar aprobadas por la autoridad sanitaria nacional.

**Art 185** Los servicios de salud funcionarán, de conformidad con su ámbito de competencia, bajo la responsabilidad técnica de un profesional de la salud.

#### **De las profesiones de salud, afines y su ejercicio**

**Art 194** Para ejercer como profesional de salud, se requiere haber obtenido título universitario de tercer nivel, conferido por una de las universidades establecidas y reconocidas legalmente en el país, o por una del exterior, revalidado y refrendado.

**Art 198** Los profesionales y técnicos de nivel superior que ejerzan actividades relacionadas con la salud, están obligados a limitar sus acciones al área que el título les asigne.

## **Capítulo III**

### **Metodología de la Investigación**

En este capítulo se explica todas las etapas de desarrollo de este proyecto de investigación para el tratamiento de electroterapia mediante estimulación eléctrica. Se documenta todos los procedimientos y pasos que fueron utilizados para su desarrollo y así poder sustentar la presente solución a la problemática que se ha planteado. Para aquello se adoptó metodologías existentes para el desarrollo de este trabajo de investigación, así también se hicieron uso de herramientas para poder analizar e interpretar los datos. La información que sea recolectada con estas herramientas serán interpretadas desde dos enfoques, los cuales son: cualitativo y cuantitativo.

Con el enfoque cuantitativo se realizará la interpretación mediante el tratamiento de datos, y con el enfoque cualitativo se analizará las alternativas que se pueden proponer en base a un punto de vista social y cultural. La adquisición de los requerimientos nos genera un mejor criterio para el diseño del equipo, es decir que se refiere a qué parámetros son necesarios y que elementos se pueden integrar al mismo.

Para la decisión de los elementos que componen completamente el equipo tanto en hardware como en software también se basan en estos enfoques, dándole mayor enfoque al cualitativo.

#### **3.1 Diseño de la investigación**

La metodología de la investigación es el conjunto de procedimientos y técnicas que se emplean de forma ordenada y sistemática en la elaboración de un estudio.

En un proceso de investigación, la metodología es una de las etapas en que se divide la realización de un trabajo. Por lo tanto, el investigador decide del grupo de técnicas y métodos que utilizará para ejecutar las tareas relacionadas a la investigación. (Metodología de la Investigación, 2016)

La necesidad de documentar datos técnicamente para entender de cómo llegar a la solución de la problemática que se plantea en el capítulo uno, nos lleva al registro de cada técnica y las herramientas que esta conlleve implícitamente para cumplir el objetivo planteado en el presente trabajo de investigación. Todo se va a realizar de forma objetiva y organizada, para así poder validar que el equipo de electroestimulación es funcional.

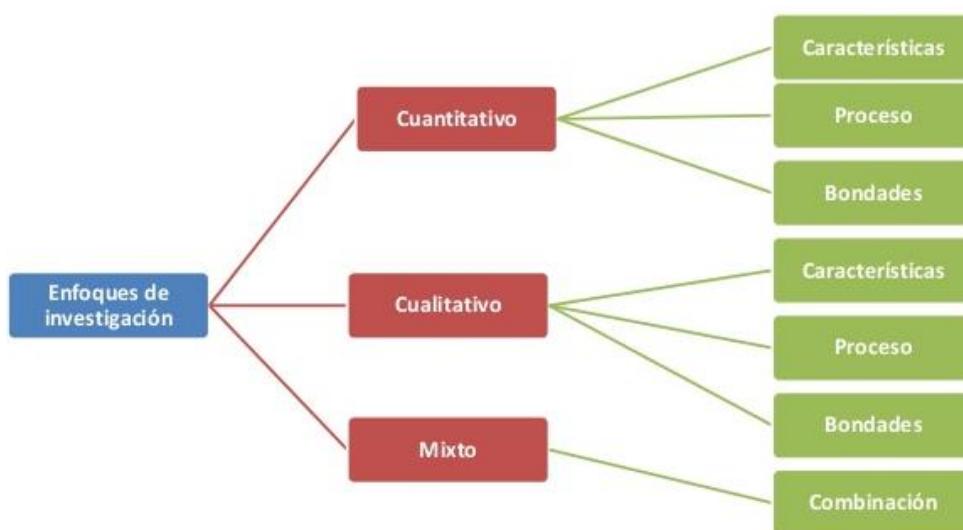
El alcance de estudio en este trabajo de investigación es descriptivo, ya que se pretende medir información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o las variables a las que se refieren.

Según (Sampieri, 2014) El alcance descriptivo “Busca especificar propiedades y características importantes de cualquier fenómeno que se analice. Describe tendencias de un grupo o población”.

### 3.2 Enfoque de la investigación

Según (Fernández, 2014) en su libro “Metodología de la Investigación”, detallan que los trabajos de investigación se encuentran sistematizados en puntos de vistas importantes, y dichos puntos de vista se detallan a continuación de forma de enfoque:

- **Cuantitativo:** El método cuantitativo, por medio del uso de la observación, evidenciándose que se lograron analizar y clasificar la generalización de los hechos que se presentan con el fin de llegar a un descubrimiento. A través de este método inductivo es posible llegar a conclusiones directas, cuando se hace la deducción de lo particular mediante intermediarios. Mediante este método, concluimos lo de lo particular a lo general. (Carvajal, 2013, pág. 2).
- **Cualitativo:** Esta investigación es de este tipo porque se enfoca a describir, comparar, interpretar y evaluar la incidencia que tienen los valores sobre las relaciones interpersonales.



**Figura 15. Componentes del Enfoque de Investigación, 2018.** Información tomada de projectguru.in. Elaborado por el autor.

### **3.3 Tipos de Investigación**

En el desarrollo de este trabajo se emplearán tres tipos de investigación debido a que son necesarios para llegar a los objetivos especificados anteriormente, estas son del tipo:

- Aplicada
- Bibliográfica
- Experimental

#### **3.3.1 Investigación Bibliográfica**

Esta investigación es la primera en la etapa del proceso investigativo que suministra el conocimiento de las investigaciones ya existentes, de manera reducida, por medio de una amplia búsqueda de: información, conocimientos y técnicas sobre una cuestión determinada. La investigación estará completa cuando se haya cumplido el propósito de la investigación científica: un documento científico el cual será utilizado como referencia, de tal forma que observarán hechos, plantearán problemas; funcionando así, como un nuevo punto de partida, realizado con la mayor objetividad posible, para futuras investigaciones (Mora, 2017).

#### **3.3.2 Investigación Aplicada**

La investigación aplicada es un proceso que permite transformar el conocimiento teórico que proviene de la investigación básica en conceptos, prototipos, productos, y conocimientos conseguidos durante las clases presenciales de la carrera estudiada. El propósito de diseñar e implementar una potencial solución a la falta de un equipo de electroestimulación integrando IOT en la Fisioterapia. En este proyecto se utilizará este tipo de investigación ya que es la que permite al investigador aplicar todos los conocimientos previamente adquiridos, gracias a los métodos de recolección de información que este ocupe y es utilizada para poder mejorar la calidad de vida de pacientes que hacen uso de la electrónica médica.

#### **3.3.3 Investigación Experimental**

En este método, el investigador controla de forma libre las variables relacionarlas entre ellas y está basado en la metodología científica.

En este tipo de investigación se aplican los principios del método científico y se emplean experimentos que pueden ser llevados a cabo en un laboratorio o en la vida real, siendo para este proyecto que los experimentos realizados fueron en ambos lugares.

Se recopilan datos para comparar las mediciones de comportamiento de un grupo control, con las mediciones de un grupo experimental. Las variables que se emplean pueden ser variables dependientes o las variables independientes. Además, se debe controlar el resto de variables que puedan influir en el estudio. Esta técnica nos permite determinar el funcionamiento mediante pruebas, los cuales para este proyecto serán el sistema web y el equipo, y los datos obtenidos de los mismo se los almacenara en una base de datos para obtener un registro.

### **3.4 Técnicas y herramientas de investigación**

Entre las herramientas de apoyo para realizar la investigación aplicaremos las siguientes:

#### **3.4.1 Observación**

Se recopila hechos acerca del problema con datos cuantitativos. Las observaciones deben ser obligatoriamente concisas y bastante numerosas, para así conseguir una base concreta de partida para lograr la solución.

Una observación abierta permite libremente captar el movimiento espontáneo del individuo, es necesario hacer constar mediante registros escritos o de cualquier forma para poder establecer los datos de experimentos a realizar.

#### **3.4.2 Preguntas**

Una vez realizada la etapa de observación, se debe establecer algunas preguntas generadas luego haber hecho el paso anterior. Es necesario constituir una pregunta lógica, apegada a la realidad de lo observado.

#### **3.4.3 Hipótesis**

Se define de manera resumida como una guía para lo que se investigue. La formulación de una hipótesis sugiere que, para alcanzar un resultado exitoso en la investigación, puede sufrir varias modificaciones, ya que son proposiciones tentativas sujetas a una comprobación.

### **3.4.4 Experimentación**

Es la prueba científica de la hipótesis, el investigador tiene la obligación de diseñar un conjunto de experimentos para lograr una conclusión exitosa. La experimentación depende del grado de conocimiento científico que tengamos del sistema a investigar, por consiguiente, este equipo es resultado de pruebas fiables y no del resultado bajo condiciones de ignorancia.

### **3.4.5 Conclusiones**

La información obtenida de la experimentación se debe analizar con motivo de confirmar la hipótesis original establecida. Una vez comprobada la validez de la hipótesis se debe concluir que la hipótesis es correcta.

## **3.5 Metodología del diseño**

### **3.5.1 Metodología Scrum**

El sector del desarrollo de software es el principal representante de este tipo de metodología ágil. Esta metodología ágil es muy utilizada en el desarrollo de proyectos basados en el diseño de software, y se fundamenta en la planificación en pequeños bloques y en su revisión constantemente, así como mejorar los procesos anteriores. Es decir, permite planificar proyectos con un gran volumen de cambios. (Sinnapsblog, 2018)

### **3.5.2 Metodología XP**

La Metodología XP “Extreme Programming” o “Programación Extrema” es una de las llamadas metodologías Ágiles de desarrollo de software más exitosas. Es habitual relacionarla con Scrum, y la combinación de ambas asegura un mayor control sobre el proyecto, y una implementación más efectiva y eficiente. (Vila J, 2016)

La metodología ágil XP surge con el propósito de transformar la esencia del desarrollo de los procesos que se ejecutan al momento de llevar acabo la planificación y ejecución de un proyecto de creación de software. Esta metodología se enfoca en integrar en una mejora continua al usuario y al grupo de individuo que se encargaran de resolver la problemática percibida. (Yolanda, 2018)

Se utilizará la metodología Scrum en combinación con la metodología Xp ya que es una contribución de este proyecto el de integrar dos metodologías Agiles de desarrollo,

ya que el proyecto sería capaz de adaptarse a los requerimientos de la Aplicación de Gestión y control de Datos y el prototipo electrónico de electroestimulación

### **3.6 Técnicas e Instrumentos de recolección de datos.**

La recolección de datos describe al uso de una gran variedad de técnicas y herramientas que suelen ser utilizadas por el analista para desarrollar la investigación, entre los cuales se pueden optar por la entrevista, encuesta, cuestionario, etc. En cuanto a la recolección de los datos se emplearán las técnicas tales como: Encuesta y Observación Directa, empleando como instrumento el cuestionario.

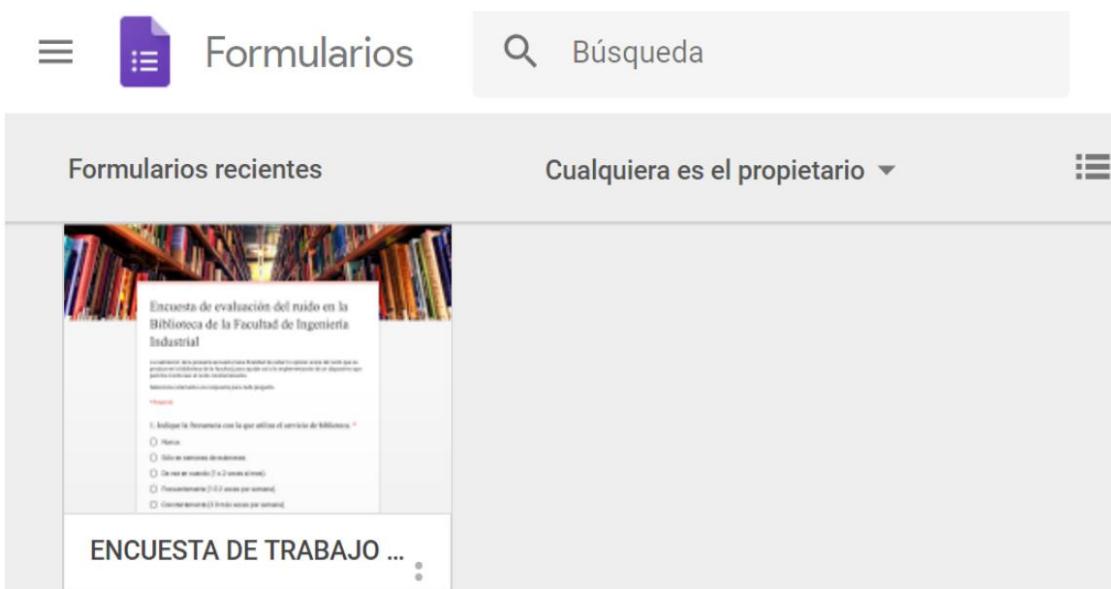
A fin de obtener datos que permitan analizar los objetivos de este trabajo se procede a efectuar una encuesta a la muestra seleccionada del universo de la población que la compone. Todos estos instrumentos se emplearán en un momento en particular, con el propósito de buscar información que será ventajosa a una investigación en común, y por ser instrumentos de fácil aplicación, las cuales pueden ser determinadas de la siguiente manera:

#### **3.6.1 Encuesta**

La encuesta difiere de la entrevista, por lo siguiente: el encuestado lee preliminarmente el cuestionario y lo responde por escrito, sin la intrusión directa de persona alguna de los que ayudan en la investigación. (Chávez, 2014)

Es una técnica de adquisición de información de gran utilidad, mediante un cuestionario anticipadamente elaborado, a través del cual se puede estar al tanto la opinión o valoración del sujeto elegido en una muestra sobre una cuestión dada.

A una encuesta se la considera como un conjunto de preguntas sistematizadas y dirigidas a una muestra específica de la población, con el fin de estar al tanto estado de opinión o hechos determinados. El propósito de la encuesta no es describir los individuos particulares quienes, por eventualidad, son parte de la muestra sino alcanzar un perfil compuesto de la población. Una "encuesta" acumula información de una "muestra." Una "muestra" es usualmente sólo una pequeña parte de la población bajo estudio. La encuesta puede ser dada en distinta forma sea verbal, escrita o digitalmente.



**Figura 16. Formulario de la encuesta en Google Drive.** Información tomada de Google Drive.

Elaborado por el autor.

### 3.6.2 Observación Directa

Se basa en la exploración visual de lo acontecido en la situación real, otorgando un sistema de clasificación a los eventos suscitadas en el proceso en relación a la investigación que se realiza. En esta técnica, el investigador tiene como premisa delinear los objetivos que se pretenden lograr, así como también determinar las condiciones dadas para tal fin. La observación directa inmiscuye el contacto personal con los fenómenos a tratar, lo cual brinda la oportunidad de registrar y evaluar los hechos reales de las situaciones de conflicto.

### 3.7 Población y Muestra

Como recordamos, “muestrear” es el acto de seleccionar un subconjunto de un conjunto mayor, universo o población de interés para recolectar datos a fin de responder a un planteamiento de un problema de investigación.

Fuera de las instalaciones de los centros de Fisioterapia en la ciudad de Guayaquil, se ha determinado la población mediando un muestreo probabilístico por clusters, el cual nos indica quienes van a ser medidos, esto nos ayudará a identificar la población y muestra como tal.

### **3.7.1 Población**

Este término alude a cualquier disposición de componentes que tengan cualidades básicas. “Consideramos población o universo cada uno de los componentes que se verán durante el análisis. Cada uno de los componentes que forman la población se llama unidad individual o mensurable.” (Sabadias, 2008).

Este modelo se dirige a la población en general que quisiera optar a la electroterapia como método de cura o estimulación en afecciones de mialgias, sean estas personas de diferentes rangos de edad, lo que permitirá conocer la demanda de un equipo de electroestimulación por control de sesión mediante IOT que existe en la ciudad de Guayaquil.

Esto desarrollará en los tratamientos de fisioterapia información importante la cual se podrá cuantificar y analizar la demanda de un equipo que facilite el control desde cualquier parte mediante IOT, mejorando así la asistencia 24/7 del galeno con el paciente.

Todo este análisis de la información tomada bajo la observación directa fuera de los centros de Fisioterapia en la ciudad de Guayaquil se estime una población de 100 personas, que son los pacientes que reciben sesiones de Fisioterapia.

### **3.7.2 Muestra**

Su definición establece que es un subconjunto de la población en total ya definida con anterioridad.

#### ***3.7.2.1 Tamaño de la muestra***

Cuando hacemos referencia al tamaño de la muestra, para nada nos referimos al valor de su tamaño físico, sino más bien al número de unidades o elementos que contiene la muestra de la población del que se hace el estudio de caso. Mientras aumente el número de la muestra, es muy probable que los datos que se tomaron con anterioridad no representen con veracidad el tamaño de la población. Esto indica que, no es proporcional su relación entre el tamaño de la muestra y su error. (Gross, 2010)

#### ***3.7.2.2 Cálculo del tamaño de la muestra***

Para poder determinar el tamaño de la muestra realizada se tomó en cuenta varios aspectos entre los cuales existen:

- El parámetro y estimador.
- El sesgo

- El error muestral
- Nivel de Confianza
- Variación poblacional

### **3.7.2.3 Parámetros del cálculo de la muestra**

Denota las características de la población en la cual es el principal objeto de estudio y el estimador.

### **3.4.2.4 Error de la muestra**

Permite demostrar la pérdida que se represente al elegir los elementos de la muestra.

## **3.7.3 Nivel de confianza**

El nivel de confianza nos permite obtener una gran aproximación de estimación sobre la realidad del estudio que se realiza actualmente, en donde se lleva en cuenta el resultado que permitirá conseguir un parámetro a medir.

### **3.7.3.1 Tamaño de muestra para proporciones**

#### **Nivel de confianza**

Nivel cuya confianza prefija da sitio a un coeficiente ( $Z_a$ ) Por ejemplo, para una seguridad del 95%,  $Z_a = 1,96$ , para una seguridad del 99%,  $Z_a = 2,58$ . (Valores de tablas de distribución normal Z)

#### **La precisión**

Un ejemplo de un valor aproximado para la precisión en caso de no tener dicha información se usa el valor de  $p = 0.5$  (50%).

Para encontrar otro valor adicional es la probabilidad de fracaso y está representada por la siguiente ecuación  $q=1-p$ , quedando así  $q=1-0.5$ , entonces  $q=0.5$ .

## **3.7.4 Muestra de la población**

La ecuación que nos permite encontrar dicha muestra cuando se conoce el número de muy posibles encuestados se define por la siguiente formula:

$$n = \frac{N * Z^2 * p * q}{e^2 * (N - 1) + p * q * Z^2}$$

**Tabla 4.** Lista de variables para la determinación de la muestra.

<b>Variable</b>	<b>Descripción</b>	<b>Valores</b>
<i>N</i>	Tamaño de la muestra a calcular.	X
<i>N</i>	Tamaño de la población.	100
<i>Z</i>	Nivel de confianza de la estimación (95%).	1.96
<i>P</i>	Probabilidad de éxito.	0.5
<i>Q</i>	Probabilidad de fracaso.	0.5
<i>E</i>	Error máximo admisible (4%).	0.04

*Información tomada de la investigación directa. Elaborado por el autor.*

$$n = \frac{(100)(1.96)^2(0.5)(0.5)}{(100 - 1)(0.04)^2 + (0.5)(0.5)(1.96)^2}$$

$$n = \frac{96.04}{1.1188}$$

$$n = 85.84$$

$$n = 86$$

Por lo tanto, será necesario encuestar no menos de 86 usuarios para poder tener una fiabilidad en la información del 95%.

### 3.8 Procesamiento de la información

La cantidad de información que se obtuvo en la encuesta propuesta, en todas las descripciones se hicieron gracias a la ayuda de google que nos permite usar herramientas estadísticas como lo es la encuesta, en la cual nos permite realizar las representaciones de las tablas y gráficas que se necesitan para el análisis en cada una de las interrogantes. Dentro de este análisis se espera un procesamiento masivo y muy seguro.

### 3.9 Ejecución de encuestas

El proceso de ejecución de las encuestas se realizó aplicando el método de investigación experimental, ubicándonos fuera de instalaciones de centros de rehabilitación muscular o también llamados centros de fisioterapia en la ciudad de Guayaquil tomando así a 100 personas como posibles pacientes que hagan uso del equipo propuesto en este trabajo de investigación.

El costo por este servicio de tratamiento de electroterapia por sesión de 1 a 2 horas oscila entre \$20 y \$25 dentro del centro de tratamiento e incluso hasta el doble cuando el tratamiento se lo lleva hasta el domicilio.

El desarrollo de la encuesta como se mencionó con anterioridad es bajo un modelo enfocado a los posibles pacientes (clientes del equipo) para así mejorar el control de sesión, facilitar el acceso de un equipo confiable a los pacientes, evitar el traslado del paciente hasta el centro de tratamiento ahorrándole tiempo en movilización, y generando un posible nicho de mercado para el equipo que se presenta en este trabajo de investigación.

### **3.10 Análisis de resultados del modelo de encuesta**

Este modelo va dirigido al público en general que con concurrencia asisten a centros de rehabilitación en fisioterapia, ya sea por estimulación para aliviar dolores o para fortalecimiento de músculos mediante la electroterapia. En este modelo nos permitirá conocer una posible demanda de este equipo de electroestimulación a baja frecuencia por control de sesión mediante IOT dentro de la ciudad de Guayaquil.

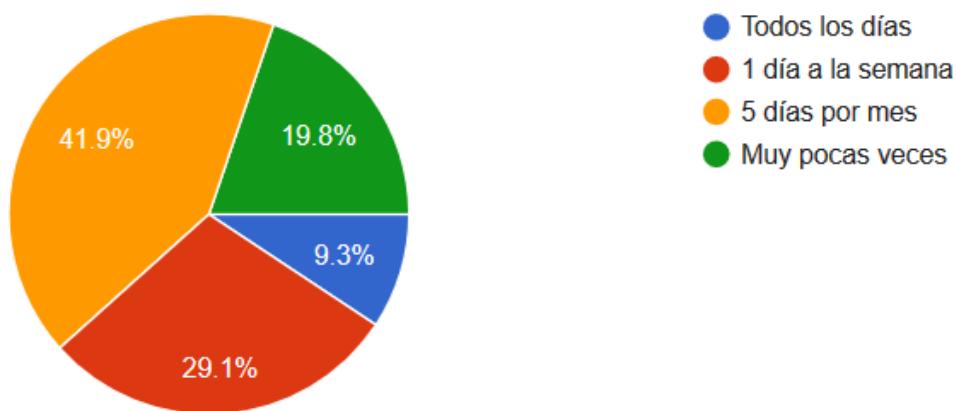
Las encuestas que se realizaron en las afueras de los establecimientos que ofrecen este servicio de Fisioterapia fueron bajo el permiso de los supervisores de seguridad de los mismos, esto fue para no tener inconvenientes a la hora de tomarnos la foto de constancia de la ejecución de encuestas.

**Pregunta 1: ¿Cuál es la frecuencia con la que usted visita un centro de Fisioterapia?**

**Tabla 5.** Frecuencia de visita de una persona a un centro de Fisioterapia.

Detalle	Frecuencia	Porcentaje
Todos los días	8	9.3%
1 día a la semana	25	29.1%
5 días por mes	36	41.9%
Muy pocas veces	17	19.8%
Total	86	100%

Información tomada pregunta nº 1. Elaborado por el autor.



**Figura 17. Gráfica de frecuencia de visita. Información tomada del modelo de encuesta. Elaborado por el autor**

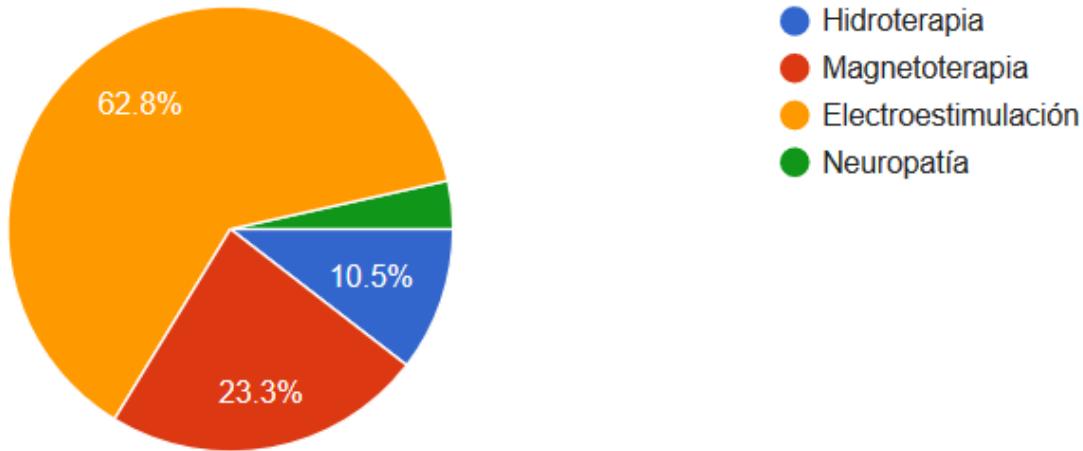
Los resultados de esta pregunta reflejan que las personas que usan la electroterapia visitan muy frecuentemente estos centros de Fisioterapia, esto nos da una posible oportunidad para un nicho de mercado del equipo de electroestimulación la cual les pueda minimizar este tiempo de visita hasta el fisioterapeuta, arrojando así un porcentaje de 41.9% de 5 días al mes, dejando como mayoritaria frente al 19.8% de personas que asisten muy pocas veces al fisioterapeuta, excluyéndolos así de la posible adquisición del equipo.

**Pregunta 2: ¿Qué tipo de tratamiento lleva dentro del centro de Fisioterapia?**

**Tabla 6.** Tipo de tratamiento

Detalle	Frecuencia	Porcentaje
Hidroterapia	9	10.5%
Magnetoterapia	20	23.3%
Electroestimulación	54	62.8%
Neuropatía	3	3.5%
Total	86	100%

Información tomada pregunta nº 2. Elaborado por el autor.



**Figura 18. Gráfica del tipo de tratamiento de fisioterapia. Información tomada del modelo de encuesta. Elaborado por el autor.**

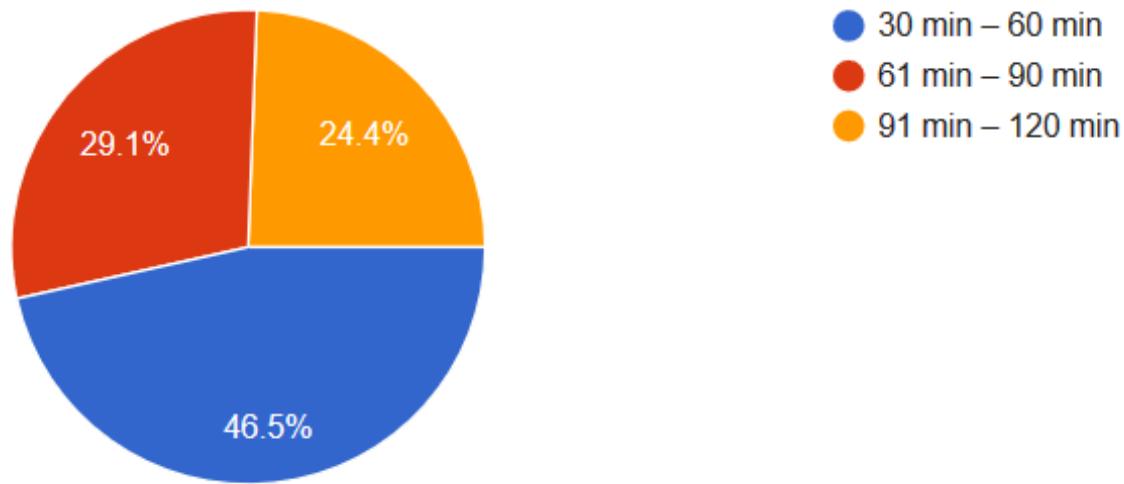
Se puede observar que un 62.8% de pacientes que asisten al fisioterapeuta es por el tratamiento de electroestimulación, siguiéndola el tratamiento de Magnetoterapia, ambas sesiones de diferente aplicación y naturaleza, pero muy parecidas por el tratamiento con corrientes eléctricas para la estimulación. De esto se puede concluir que gran parte de los encuestados son dependientes de la electroestimulación dejando, así como resultado que el equipo pueda tener gran acogida entre los pacientes.

**Pregunta 3: ¿Cuánto tiempo de tratamiento conlleva su sesión con el Fisioterapeuta?**

**Tabla 7.** Tiempo de tratamiento con el Fisioterapeuta

Detalle	Frecuencia	Porcentaje
30 min – 60 min	40	46.5%
61 min – 90 min	25	29.1%
91 min – 120 min	21	24.4%
Total	86	100%

Información tomada pregunta nº 3. Elaborado por el autor.



**Figura 19 Gráfica del tiempo de tratamiento con el Fisioterapeuta. Información tomada del modelo de encuesta. Elaborado por el autor.**

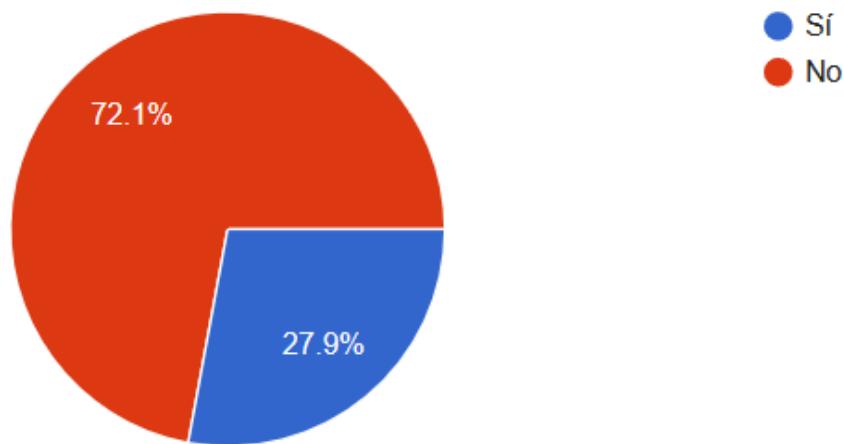
En los resultados obtenidos en esta pregunta podemos notar que el 46.5% de los pacientes que optan por sesiones con el fisioterapeuta su tiempo de sesión oscila entre 30 a 60 minutos, un tiempo bastante acertado con respecto a lo reglamentado para las sesiones, esto es cerca de la mitad de los encuestados optan por sesiones de corto tiempo para así obtener resultados favorables bajo la supervisión del galeno.

**Pregunta 4: ¿Conoce usted sobre el internet de las cosas (IOT)?**

**Tabla 8.** Conocimiento sobre IOT

Detalle	Frecuencia	Porcentaje
Si	24	27.9%
No	62	72.1%
Total	86	100%

Información tomada pregunta nº 4. Elaborado por el autor.



**Figura 20 Gráfica del conocimiento sobre IOT.** Información tomada del modelo de encuesta. Elaborado por el autor.

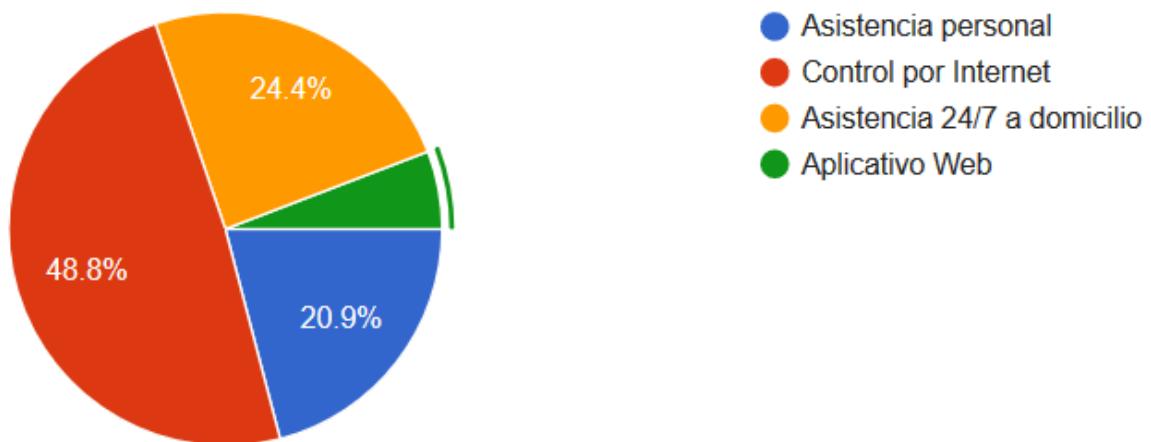
De 86 pacientes que fueron encuestados, 62 personas tienen un previo conocimiento sobre el internet de las cosas IOT, esto nos refleja que saben de qué se trata y hacia dónde se dirige el campo de IOT, generando así una posible relación directa entre la tecnología y sus visitas al fisioterapeuta. Los 24 pacientes que no tienen conocimiento sobre IOT no quedarán exentos del posible nicho de mercado, sino más bien a futuro se podría dar una charla sobre las ultimas tecnología y su integración en la medicina, tal como se propone un equipo que sea controlado y monitoreado mediante IOT.

**Pregunta 5: ¿Qué características considera de mayor importancia implementar en el control de sesiones en el centro de Fisioterapia?**

**Tabla 9.** Características importantes en las sesiones.

Detalle	Frecuencia	Porcentaje
Asistencia personal	18	20.9%
Control por Internet	42	48.8%
Asistencia 24/7 a domicilio	21	24.5%
Aplicativo Web	5	5.8%
Total	86	100%

Información tomada pregunta nº 5. Elaborado por el autor.



**Figura 21** Gráfica de las características importantes en las sesiones. Información tomada del modelo de encuesta. Elaborado por el autor.

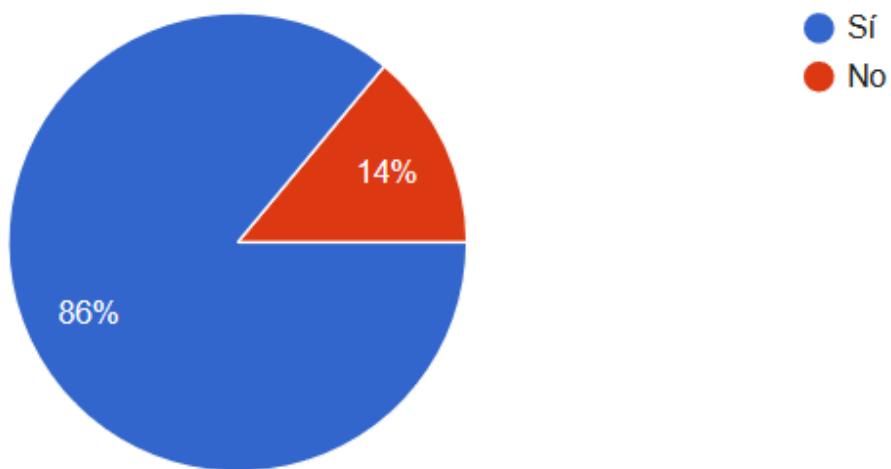
Debido a los resultados obtenidos en esta pregunta se puede notar que un 48.8% entre los pacientes considera de mayor importancia al control por internet de las sesiones en el centro de Fisioterapia, mientras que el 20.9% considera que sería de gran importancia una asistencia personal del fisioterapeuta con el paciente, muy pocos pacientes consideran un aplicativo web.

**Pregunta 6: ¿Le gustaría que sus sesiones de electroterapia sean controladas en su domicilio desde el consultorio del Fisioterapeuta?**

**Tabla 10.** Asistencia a Domicilio

Detalle	Frecuencia	Porcentaje
Si	74	86%
No	12	14%
Total	86	100%

Información tomada pregunta nº 6. Elaborado por el autor.



**Figura 22 Gráfica sobre la asistencia a domicilio de las sesiones de electroterapia.**

Información tomada del modelo de encuesta. Elaborado por el autor.

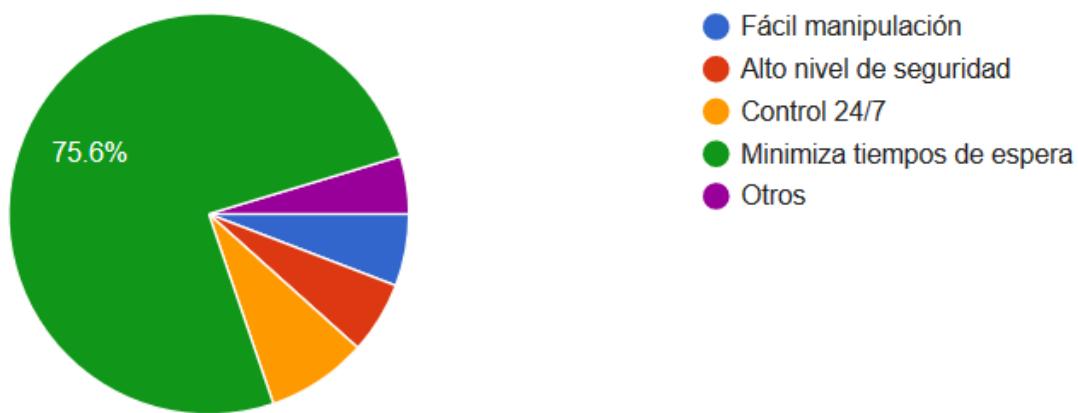
Un gran porcentaje de encuestados están de acuerdo que sus sesiones sean controladas en su domicilio desde donde sea que se encuentre el fisioterapeuta. Este nos permite percatarnos de un posible mercado para la adquisición de nuestro equipo de electroestimulación de baja frecuencia.

**Pregunta 7: ¿Cuáles cree usted que son las ventajas de utilizar un equipo que sea controlado por medio de internet?**

**Tabla 11.** Opinión sobre ventajas de control por internet

Detalle	Frecuencia	Porcentaje
Fácil manipulación	5	5.8%
Alto nivel de seguridad	5	5.8%
Control 24/7	7	8.2%
Minimiza tiempos de espera	69	80.23%
Total	86	100%

Información tomada pregunta nº 7. Elaborado por el autor.



**Figura 23** Gráfica sobre la opinión sobre ventajas de control por internet. Información tomada del modelo de encuesta. Elaborado por el autor.

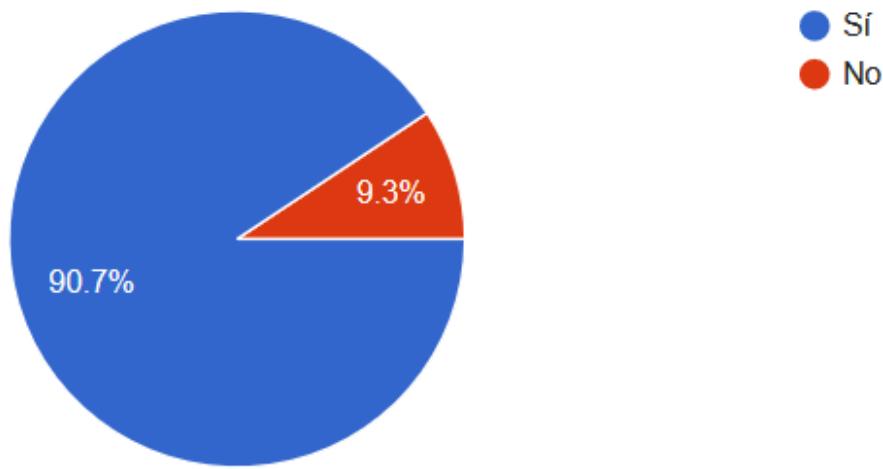
Se puede observar que existe un 75.6% de los encuestados que afirman que una gran ventaja de utilizar un equipo de electroestimulación es minimizar el tiempo de estera entre sesión de cada paciente, siendo su aprobación de 69 personas de 86 pacientes, se nota también que otra característica es el control 24/7 de sesiones entre el fisioterapeuta y el paciente.

**Pregunta 8:** ¿Considera viable el uso de un equipo de electroterapia que sea controlado por internet bajo la supervisión del Fisioterapeuta en su domicilio?

**Tabla 12.** Viabilidad del equipo de electroestimulación.

Detalle	Frecuencia	Porcentaje
Si	78	90.7%
No	8	9.3%
Total	86	100%

Información tomada pregunta nº 8. Elaborado por el autor.



**Figura 24** Gráfica sobre la viabilidad del equipo de electroestimulación. Información tomada del modelo de encuesta. Elaborado por el autor.

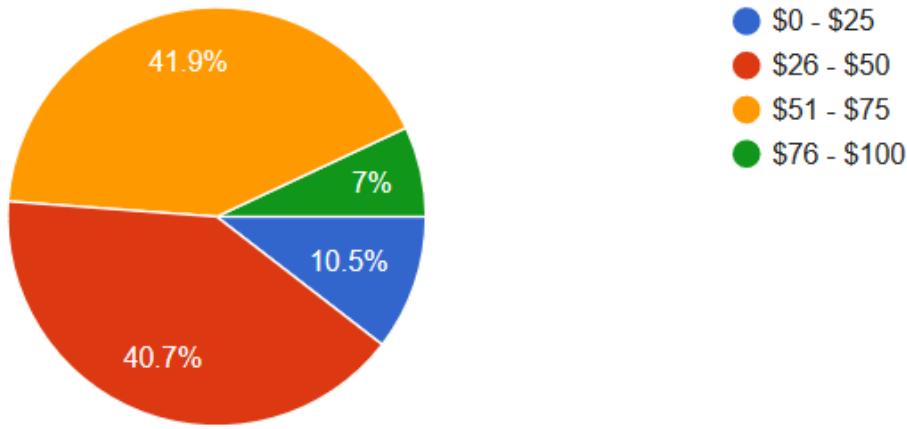
Los resultados arrojan que evidentemente las personas prefieren el monitoreo de un profesional y aprovechando las herramientas tecnológicas no hay la necesidad de la presencia del profesional directamente, estando entonces los usuarios de acuerdo en ser monitoreados vía internet. Probablemente el 9% de las personas son conservadoras o sienten que mediante una atención online su requerimiento puede no ser bien atendido.

**Pregunta 9: Segundo su criterio, ¿Cuánto estaría dispuesto a invertir en un equipo de electroestimulación que sea controlado por el Fisioterapeuta mediante internet?**

**Tabla 13.** Opinión sobre el presupuesto

Detalle	Frecuencia	Porcentaje
\$0 - \$25	9	10.5%
\$26 - \$50	35	40.7%
\$51 - \$75	36	41.9%
\$76 - \$100	6	7%
Total	86	100%

Información tomada pregunta nº 9 Elaborado por el autor.



**Figura 25. Gráfica de la opinión sobre el presupuesto.** Información tomada del modelo de encuesta. Elaborado por el autor.

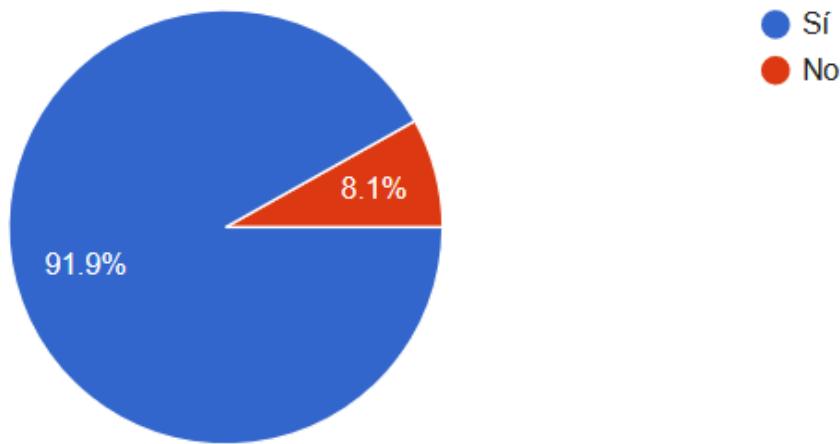
Alrededor del 10% de las personas parecen desconocer la calidad del producto que se ofrece, comparando con los dispositivos de corta vida que se ofrecen en el mercado. Más del 80% de las personas consideran que pueden pagar por un dispositivo de estos valores del entre \$26 y \$75, pudiendo este ser un intervalo de valores probables al momento de una producción grande, pudiendo ser esta la razón por la cual consideran que puede ser este el valor que tiene el producto. Tan solo el 7% de las personas consideran que los valores de entre \$76 y \$100 son los correspondientes a este producto, siendo entonces importante considerar el intervalo de valores más aceptado para el momento de la manufactura del producto.

**Pregunta 10: ¿Le gustaría que los Fisioterapeutas que usted visita usen un equipo de electroestimulación controlado por internet para sus sesiones de electroterapia?**

**Tabla 14.** Viabilidad sobre la integración de IOT en el equipo de electroestimulación.

Detalle	Frecuencia	Porcentaje
Si	79	91.9%
No	7	8.1%
Total	86	100%

Información tomada pregunta nº 10. Elaborado por el autor.



**Figura 26 Gráfica de viabilidad del equipo de electroestimulación.** Información tomada del modelo de encuesta. Elaborado por el autor.

Al ser controlado por internet el dispositivo evita tanto las movilizaciones para el usuario y el profesional de la salud, siendo entonces evidente la inclinación de las personas por esta alternativa que aparentemente ofrece solamente beneficios para ambas partes, teniendo esta alternativa un alrededor de 92% de aceptación.

### **3.11 Relación de las variables y encuestas.**

Conforme a lo que se obtuvo como resultado en las encuestas tomadas a los pacientes de fisioterapia en la ciudad de Guayaquil se hace un análisis respecto a las variables que se plantearon en el capítulo uno y se presenta la siguiente tabla de relación entre las mismas.

**Tabla 15.** Relación entre las variables y las encuestas

<b>Variables</b>	<b>Análisis de las encuestas</b>
Paciente	El paciente requiere de un equipo de electroestimulación de bajo costo que le permita realizar sus sesiones dentro de su domicilio bajo el control de un fisioterapeuta por medio de internet, minimizando así el tiempo que conlleva su movilización y espera en los centros de Fisioterapia.
Electroestimulación	Que sea un equipo de electroestimulación para tratamiento de electroterapia y pueda ser manipulado por internet, tal como se plantea en el tema de este trabajo de investigación y que el equipo cuente con asistencia 24/7 según lo indique el profesional a cargo de la sesión.
Tiempo de sesión	Debido a los tiempos de sesión que se obtuvieron como resultados, estos oscilan entre 30 minutos y 60 minutos. Estos tiempos de sesiones serán pre programados en el microcontrolador 18F4550, así, si el paciente necesita de un tiempo específico bajo la autorización del Fisioterapeuta este pueda ser ejecutado en el equipo
Fisioterapeuta	Que el profesional a cargo de sus sesiones, opten por un equipo a través de IOT. El mismo que contará con el acceso a una página web desde la cual podrá hacer un seguimiento a cada paciente por tratamiento y podrá generar las sesiones con los parámetros que conlleva cada sesión.

*Información de la relación existente entre las variables presentadas y resultados de la encuesta a pacientes de Fisioterapia. Elaborado por el autor.*

### **3.12 Comprobación de Hipótesis**

Tal como se planteó en el capítulo uno, es notoria la ausencia de un equipo para tratamiento de electroterapia controlado por IOT en los centros de Fisioterapia en la ciudad de Guayaquil, esto se concluye debido a los resultados obtenidos en la encuesta la cual indica que aún el paciente debe movilizarse hasta el consultorio para realizar sus sesiones cotidianas. Se comprueba que actualmente los centros de Fisioterapia aún no comercializan un equipo que cuente con un control de sesión mediante internet, debido a esto, en este trabajo de investigación se presenta una solución ante esta problemática con el desarrollo de un equipo de electroestimulación a baja frecuencia para tratamiento de electroterapia mediante IOT.

## Capítulo IV

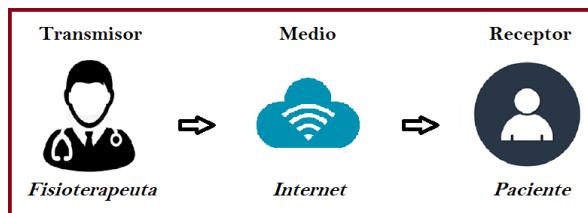
### Desarrollo de la propuesta

En este capítulo se desarrollará el planteamiento de la propuesta en los aspectos técnicos en el área de electrónica y el control mediante internet en el equipo de electroestimulación para tratamientos de electroterapia a fin de poder mantener sesiones de electroestimulación seguras y que fueran así usadas 24/7 por el paciente, sin necesidad de la presencia física del fisioterapeuta para recibir las sesiones de electroterapia, dichas sesiones ya hayan sido pre-programadas por el Fisioterapeuta. Estas sesiones de electroterapia controladas por IOT son generadas en el aplicativo web de Fisioterapia. El aplicativo web fue diseñado para el perfil de un Fisioterapeuta, en el que pueda tener el control de sesión de electroterapia y tener un registro e historial de pacientes en su logística.

El aplicativo web tendrá comunicación en tiempo real con el equipo de electroestimulación, debido a que se integró un módulo Wi-Fi que nos permite la conexión a través de internet para poder recibir los parámetros requeridos para la generación de sesiones de electroterapia, por lo tanto, debido a la comunicación existente entre el aplicativo web y el equipo de electroestimulación se puede aseverar que se trabaja bajo la modalidad IOT.

#### 4.1 Esquema general del prototipo desarrollado

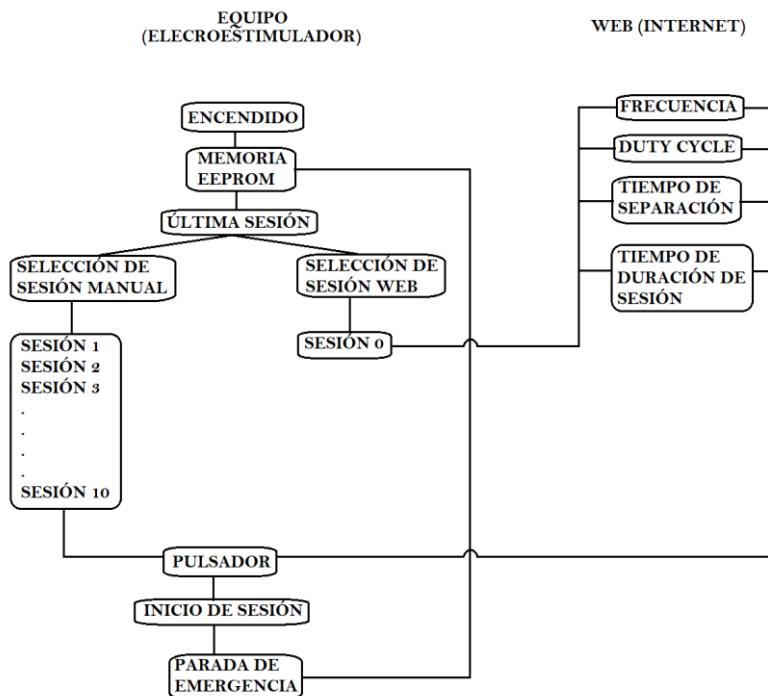
En este esquema se prevé de manera general identificar a las personas que van hacer uso del equipo de electroestimulación, y el medio por el cual principalmente se logra la comunicación en la que se desarrolla este trabajo de investigación, el cual es mediante internet vía Wi-Fi, con el protocolo TCP/IP.



**Figura 27. Esquema resumen de la función del prototipo.** Información obtenida del modelo de prototipo. Elaborado por el autor.

## 4.2 Diagrama del proceso de control del equipo

Tal como muestra el siguiente diagrama, el proyecto consta de la integración de dos ramas que abarca la carrea de Ingeniería en Teleinformática, el desarrollo de proyectos de electrónica y la comunicación mediante protocolos de red asignando un valor agregado al mismo con la creación de un sistema Web para ayuda del Fisioterapeuta en la que él pueda llevar un control e historial de los pacientes de Fisioterapia.



*Figura 28 Diagrama de control del funcionamiento del electro-estimulador. Información obtenida del modelo de prototipo. Elaborado por el autor.*

## 4.3 Especificaciones del prototipo.

Las especificaciones de este equipo de electroestimulación están centradas en los elementos que lo componen, y se detallan las características de hardware, software.

**Tabla 16.** Especificaciones del equipo de electroestimulación.

Indicador	Especificaciones
<i>Ubidots</i>	Página web que está vinculada con el ESP8266 y el microcontrolador PIC18F4550 en la cual se escoge los siguientes parámetros para la generación de la señal estimulante tales como: Frecuencia, Duty Cycle, Tiempo

de separación y Tiempo de duración de la sesión de electroterapia.

*Display 7 segmentos*

Permite visualizar tanto al fisioterapeuta como al paciente el número de sesión que está por ejecutarse en el equipo por medio del microcontrolador PIC18F4550.

*ESP8266*

Este elemento permite la conectividad del equipo de electroestimulación con el aplicativo web para su control mediante Wi-Fi, a través de la plataforma de Ubidots.

*Diodo Led Azul*

Permite visualizar en el equipo de electroestimulación el tiempo desde que se ejecuta la sesión hasta que se termina la sesión o hasta que se haya presionado el botón de emergencia en el equipo, esto es que solo se encenderá cuando haya generación de señal electroestimulante desde el microcontrolador hasta los electrodos que van conectados al paciente.

*Diodo Led Rojo*

El diodo led rojo permite visualizar cuando el equipo esté encendido o apagado, dicho también que el diodo se enciende cuando el equipo está encendido y se apaga con la condición contraria.

*Pulsador de Emergencia*

Este pulsador de emergencia es un elemento que se optó por agregarlo en la función de Reset en el microcontrolador, su función es parar la sesión que se esté ejecutando, ya sea esta manual o por IOT al instante, esto da la seguridad cuando el paciente esté corriendo riesgo de sobre voltaje.

*Pulsador #1 (Ejecuta)*

Este pulsador tiene como funcionalidad ejecutar la sesión que esté mostrando el Display de 7 segmentos en el equipo, si este elemento no es accionado de manera manual, el microcontrolador no generará la señal estimulante y se mantendrá en apagado,

teniendo así en la salida de los electrodos 0 [V].

#### *Pulsador #2 (Sube)*

Este pulsador permite seleccionar de forma ascendente la sesión requerida, partiendo desde la sesión 0, hasta la sesión 7, no permite ejecutar la sesión, solo la selecciona. Este pulsador en el código del PIC18F4550 cuenta con su respectiva configuración anti rebote, esto permite accionar el pulsador en un tiempo estimado.

#### *Pulsador #3 (Baja)*

Este pulsador permite seleccionar de forma descendente alguna sesión requerida en el equipo, tal como el pulsador #2, no ejecuta dicha sesión, solo la selecciona. Este pulsador en el código del PIC18F4550 cuenta con su respectivo anti rebote, esto permite accionar el pulsador en un tiempo estimado.

---

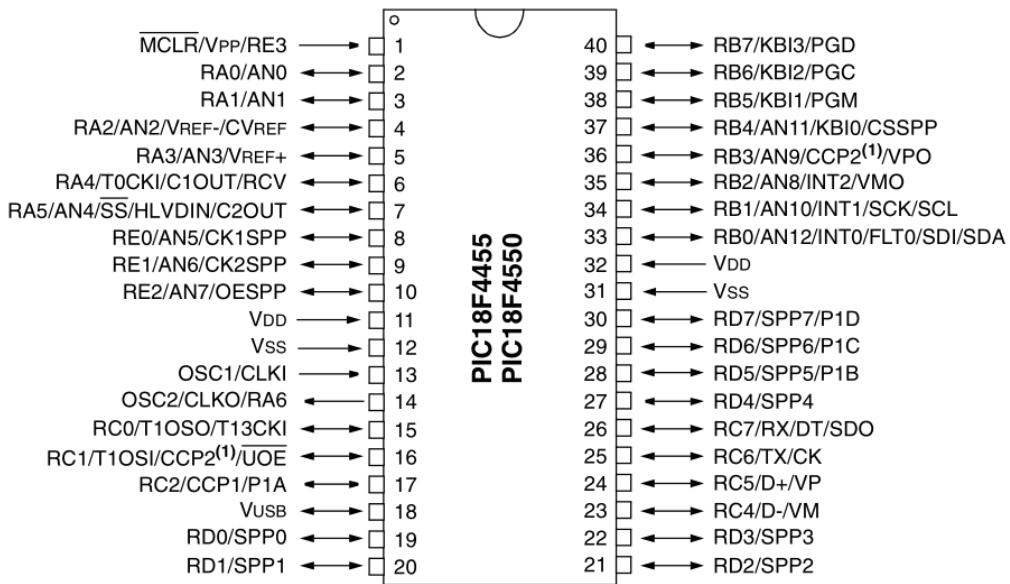
*Información tomada de los componentes del prototipo. Elaborado por el autor.*

## 4.4 Especificaciones técnicas del equipo de electroestimulación

### 4.4.1 Introducción al diseño

El equipo de electroestimulación consta de un microcontrolador PIC 18F4550, el cual es el dispositivo que genera la señal de control para la estimulación, a esta señal la conocemos como la envolvente, esta señal envolvente es de baja frecuencia entre rangos de 1 [Hz] y 350[Hz]. Podemos generar un mayor rango de frecuencia bajo el mismo código, ya que el generador de señales en el PIC 18F4550 por el TIMER1 mediante PWM nos permite obtener hasta 32Kz de ancho de banda. Para trabajar ya con señales de mayor frecuencia se recomienda trabajar con el generador PWM que nos ofrece este microcontrolador. En este PIC se integran protocolos de comunicación I2C, Serial, USART, UART, SPI entre otros.

Debido a su gran alcance dentro del campo de la electrónica analógica o digital, se optó por integrarlo al presente trabajo de investigación e implementación.



**Figura 29 Pines del PIC 18F4550.** Información obtenida de hoja de datos del fabricante Microchip. Elaborado por el autor.

Los pines del Microcontrolador que se usaron en el desarrollo de este equipo de electroestimulación se detallan a continuación:

- Pin 1: Conexión del pulsador de emergencia en modo de Pull-Up.
- Pin 2, Pin3: Conexión de los pulsadores para escoger el número de sesión.
- Pin 4: Conexión del pulsador que ejecuta la sesión.
- Pin 7: Usado para la conexión serial del PIC a un equipo de visualización de datos.
- Pin 13, Pin 14: Pines usados para el oscilador externo del microcontrolador.
- Pin 15: Se usa para conectar el diodo led que sirve como indicador de sesión.
- Pin 16: Pin en el cual la señal envolvente sale del microcontrolador hacia la etapa de potencia.
- Pin 25, Pin 26: Pines de conexión entre el PIC y el módulo Wifi ESP8266-01, Tx y Rx.
- Pin 33 al 39: Conexión del Display de 7 segmentos.

En el diseño de la programación del microcontrolador se aprovecha el tipo de memoria flash que este microcontrolador nos proporciona, la memoria EEPROM. Su gran capacidad en lectura y escritura nos da la seguridad que el equipo puede ser usado 24/7 según las necesidades del Fisioterapeuta, 1,000,000 Erase/Write Cycle Data EEPROM

Memory Typical, este rango es mucho mayor a los que ofrecen otros microcontroladores de la misma familia de Microchip.

Se divide la etapa de control de la etapa de potencia mediante un seguidor de voltaje con un OpAmpp y un Optoacoplador para así mantener seguro con microcontrolador en todo momento.

Existen varios tipos de chips que tienen incorporado la conectividad Wi-Fi, pero se elige el modelo ESP8266-01 por su facilidad a la hora de programarla mediante comandos AT, y por su gran información disponible en la web para poderlo integrar al trabajo con microcontroladores de Microchip.

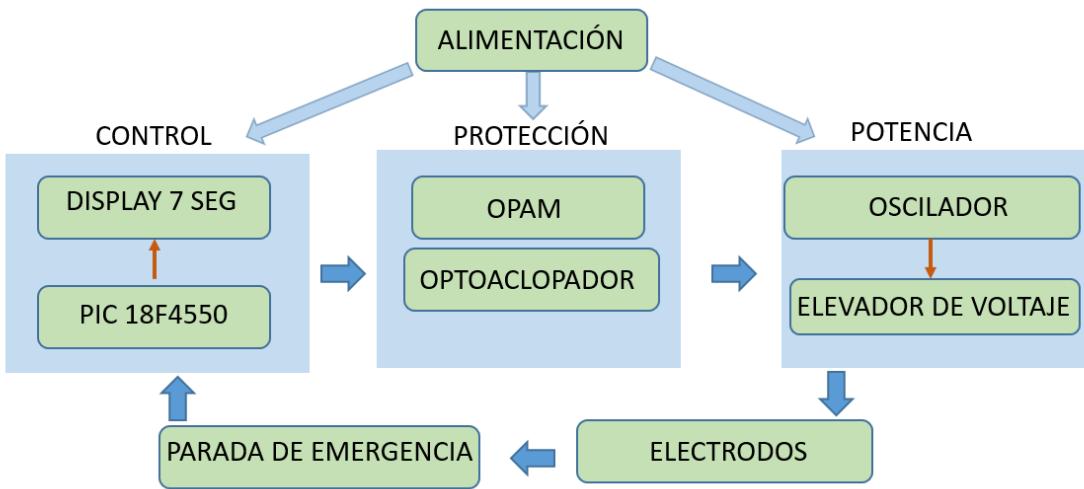
#### **4.4.2 Principios de diseño del circuito**

- Circuito Estimulador
- Circuito de comunicación Wifi

##### **4.4.2.1 Circuito Estimulador**

Para lograr la electroestimulación en la piel con este equipo se utiliza dos etapas de generación de onda, la envolvente de baja frecuencia que está controlada por el PIC18F4550 y la señal de estimulación; este tipo de señal de estimulación que se genera en este diseño propuesto se denomina “onda china”, la cual se expuso en el capítulo 2, dicha señal se acondiciona tanto en amplitud, como en frecuencia mediante un circuito integrado NE555 en configuración de oscilador Astable entre rangos de frecuencia de 1[kHz] y 10[kHz], elevándola así después por medio de un transformador de línea para lograr una intensidad de corriente que pueda ser transmitida por los electrodos a la piel.

El diseño del circuito estimulador está representado de manera gráfica en el siguiente diagrama de bloques:



**Figura 30 Diseño Circuito estimulador.** Información obtenida del modelo de prototipo.  
Elaborado por el autor.

El microcontrolador genera la envolvente en baja frecuencia, esta señal pasa por un OpAmp que se lo usa como seguidor de voltaje, esto para que la envolvente llegue al oscilador sin perder amplitud, la utilidad que representa este OpAmp en ese tipo de conexión es dar fiabilidad a la señal y evitar interrupciones o pérdidas de amplitud ya sean por: ruido, movimiento involuntario, problemas con la temperatura o por la carga que pueda representar el oscilador; y así el voltaje en la salida del PIC no se vea afectado. Este tipo de conexión ayuda a que a la etapa del oscilador lleguen los +5V de envolvente que entrega el PIC. La envolvente sale por el pin 16 del PIC 18F4550, ingresa por el pin 3 del OpAmp, y la salida finalmente del OpAmp por el pin 1, la envolvente sigue teniendo la misma magnitud y la misma frecuencia con la que salió del PIC, a continuación, se pone en serie un Optoacoplador PC817, que según su hoja de datos si soporta +5V de entrada en sus pines 1 y 2, accionando así un transistor interno que funciona como compuerta en los pines 4 y 3, esto separa la etapa de control con la de potencia, protegiendo así el PIC, Display 7 segmentos, y diodos leds. A continuación, se presenta la etapa de control, la etapa de protección y la etapa de potencia del equipo electroestimulador presentado en este trabajo de investigación e implementación.

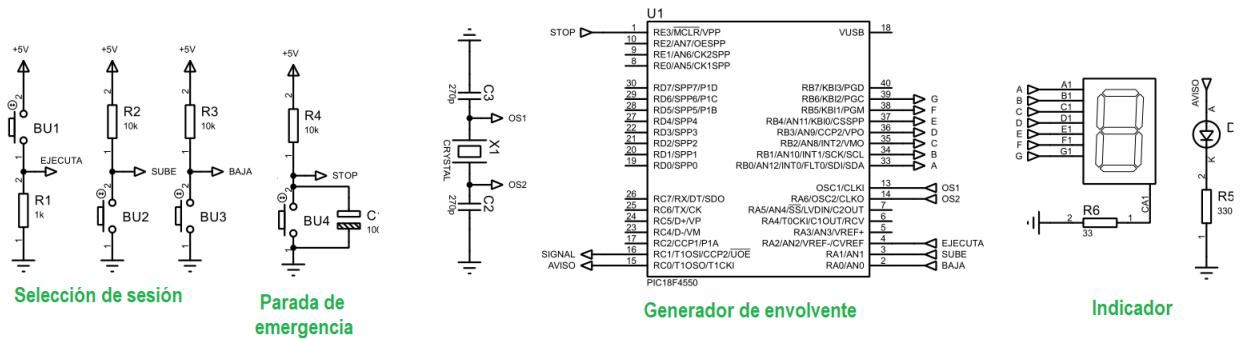
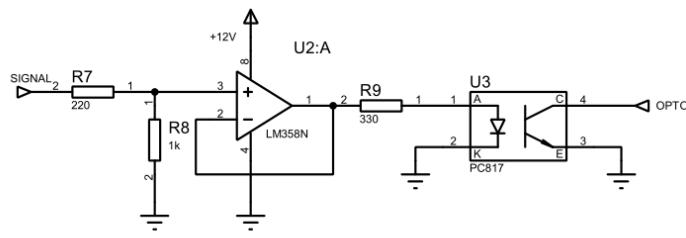


Figura 31 Etapa de control. Información obtenida del modelo de prototipo. Elaborado por el autor.



Etapa de Protección

Figura 32. Etapa de protección. Información obtenida del modelo de prototipo. Elaborado por el autor.

Debido a la conexión del Optoacoplador la señal envolvente se invierte, pero sin perder magnitud en su valor de voltaje, por esta razón de decide por usar un inversor de voltaje fiable, y se obtiene así la integración del circuito negador 74LS04, esto nos invierte la señal que llega por el pin 1 y nos entrega la nueva señal ya invertida por el pin 2.

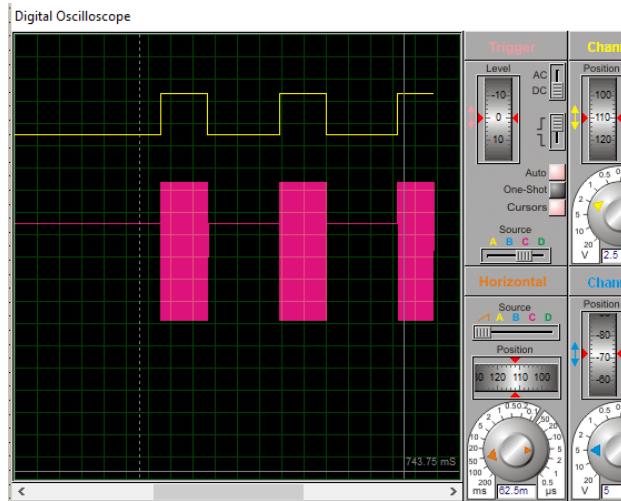


Figura 33. Circuito Negador. Información obtenida del modelo de prototipo. Elaborado por el autor.

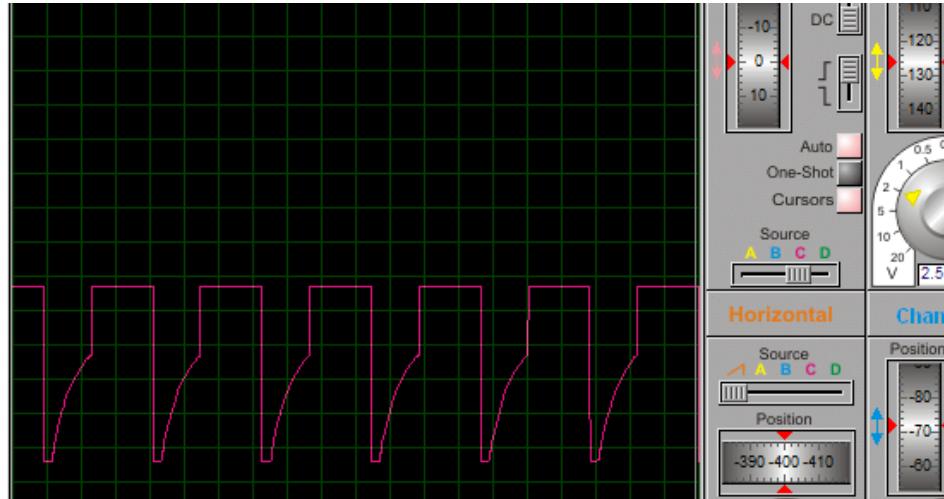
Luego que ya la señal envolvente tiene la misma amplitud con la que salió del PIC, esta señal ingresa al NE555, accionando así la señal de onda china o señal de

estimulación. Esta señal de onda china se generará siempre que la envolvente esté en +5 [V] y estará apagada cuando la envolvente esté en 0 [V], esto se da ya que el circuito estimulador está en cascada, esto es que la primera señal controla la segunda.

En la siguiente figura se muestra la envolvente en color amarillo, y la onda china en color rosa.

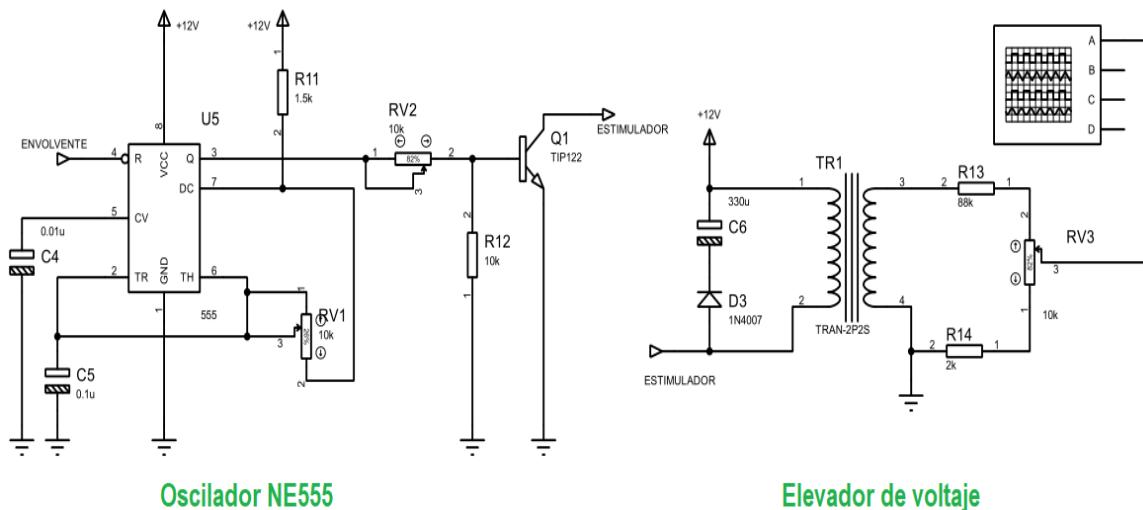


**Figura 34. Señales superpuestas.** Información obtenida del modelo de prototipo. Elaborado por el autor.



**Figura 35. Señal de estimulación.** Señal obtenida en Proteus. Información obtenida del modelo de prototipo. Elaborado por el autor.

En la etapa de potencia, el elevador de voltaje se lo realiza con un transformador de línea y se opta por integrar al circuito un transistor de potencia TIP122 o también llamado transistor Darlington, se decide por este modelo debido a que el transformador a ser netamente inductivo, este elemento se opone a cambios bruscos de corriente y esto se acopla con que el transistor puede trabajar con esos cambios bruscos, generando así la onda de estimulación o también llamada onda china.



**Figura 36 Etapa de potencia.** Información obtenida del modelo de prototipo. Elaborado por el autor.

Una apreciación muy importante es la de control de corriente que se entregará al paciente por los electrodos, se elige un transformador con las siguientes características  $N_1=1$  y  $N_2=10$ , esto es que puede elevar hasta 10 veces el valor de voltaje que ingrese en el secundario.

Por lo tanto, con una alimentación de +12 [V] tal como lo indica el diagrama del circuito y mediante esta relación:

$$\frac{V_p}{V_s} = \frac{N_1}{N_2}$$

Se obtiene en la salida  $V_s=120$  [V], como este valor es alto y peligroso para estimular la piel, se reduce en amplitud  $V_s$  con un divisor de voltaje, con una resistencia y potenciómetro en conexión serie,  $R=24\text{ k}\Omega$ , Pot=10 kΩ al 100% teniendo así un valor en el potenciómetro de 35 [V] de amplitud.

$$V_0 = \frac{120}{24k\Omega + 10k\Omega} * 10k\Omega$$

$V_0 = 35$  [V], esta es la magnitud de la señal de estimulación teniendo al 100% el potenciómetro, entonces como se indicó, este análisis se lo hace por la intensidad de corriente que se va a generar en la piel, entonces teniendo en cuenta que la piel presenta alta impedancia,  $R_{piel}=5 M\Omega$  y una amplitud de 35 [V] entonces la corriente se la obtiene mediante la ley de Ohm:

$$I_{piel} = \frac{V_0}{R_{piel}} \quad I_{piel} = \frac{35}{5 \times 10^6}$$

Obteniendo así una corriente mínima de  $I_{piel}=7[\mu A]$ .

La piel presenta un valor de resistencia mínimo de la piel  $R_{piel}=30k\Omega$ , y aplicando la misma fórmula de la ley de Ohm, se obtiene una corriente máxima de 1.16 [mA], por lo tanto, el equipo entrega una señal de estimulación óptima y segura para aplicarla al cuerpo humano. Los valores de frecuencia, intensidad de corriente y voltajes suministrados por el electroestimulador se encuentran dentro de los rangos especificados por la norma NTP 400, la cual establece las magnitudes máximas permitidas para no causar traumas en el cuerpo humano.

#### 4.4.2.2 Normas

La Organización Internacional de Estandarización (ISO), como la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC), son aquellas organizaciones que fijan los estándares que facilitan la creación de productos y servicios que sean seguros, fiables y de calidad. Una de las principales normas es la IEC60601 que determina los requisitos y métodos de prueba o test mínimos de seguridad para la práctica en utilización de estimuladores nerviosos y musculares.

Cuando se habla de un equipo médico o electrodoméstico, hay que tener en cuenta éste afecta al cuerpo humano y cuáles son los posibles riesgos que se pueden presentar.

- **IEC 60601-1:2005** Se menciona que esta es una norma particular la cual adapta los requisitos de la norma general para casos particulares como lo es un electroestimulador.

Requisitos generales para la seguridad básica y performance esencial. En esta parte de la norma se encuentra los requerimientos generales tales como:

- Alimentación
- Protección contra electroshock
- Modo de operación
- Salida
- Instrucciones de uso
- **IEC 60601-2-10:2012** Requisitos particulares para la seguridad básica y la performance esencial de estimuladores nerviosos y musculares. También adapta los requisitos a la norma general. Se trata de la norma particular que establece los requisitos mínimos que garantizan un grado de seguridad práctica, en la operación de estimuladores nerviosos y musculares definido en 201.3.204. Abarca tanto a estimuladores nerviosos eléctricos transcutáneos (TENS), como a estimuladores musculares eléctricos (EMS). Resultan excluidos:
  - Equipos EM implantables o que se conecten a electrodos implantables.
  - Equipos EM que estimulan el cerebro (p. ej., equipos EM de terapia electroconvulsiva)
  - Equipos EM destinados a la investigación neurológica.
  - Marcapasos cardiacos externos
  - Equipos EM para diagnóstico por potenciales evocados medidos.
  - Equipos EM para electromiografía.
  - Equipos EM para la desfibrilación cardiaca.

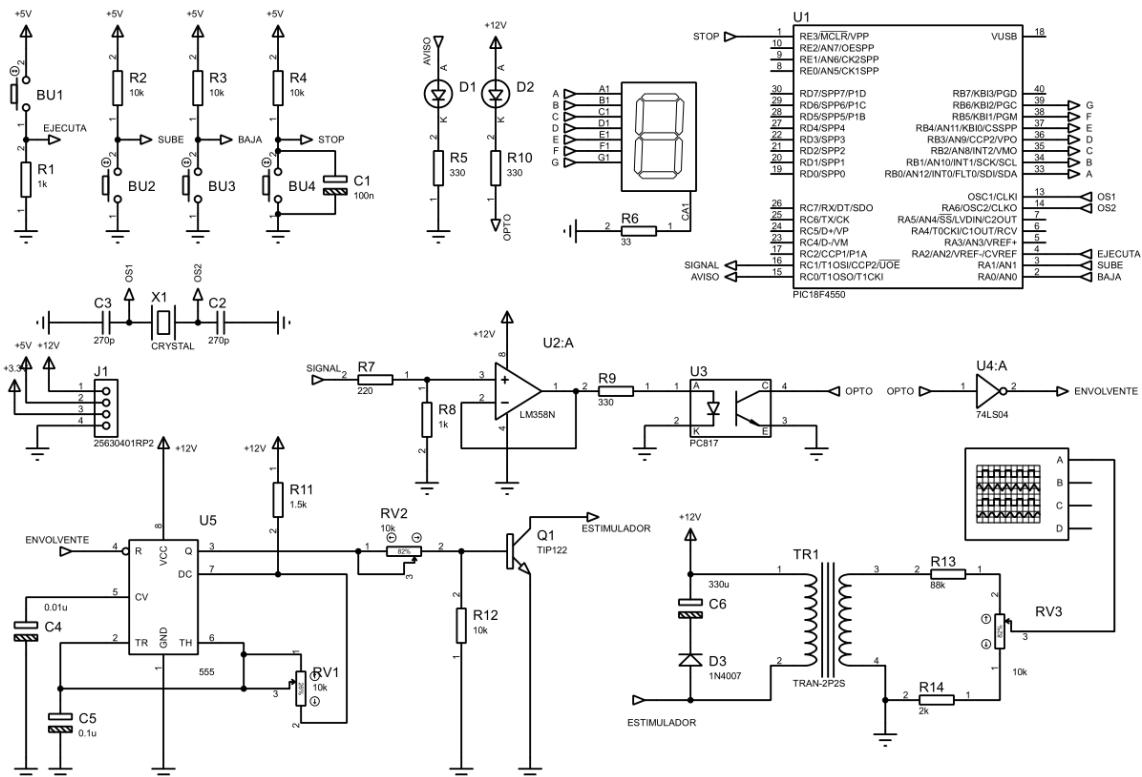
Otros requisitos de la norma para el caso particular de un electroestimulador son:

- Las pruebas deben realizarse con una carga de 1000 ohm
- El sistema se debe iniciar con la tensión mínima y esta no debe superar el 2% del valor máximo.
- La corriente máxima para una frecuencia superior a 1500 Hz no debe superar los 100 mA.
- La salida se debe mantener con una alimentación +/- 10% de la tensión de alimentación con la que fue diseñado.

Algunos términos y definiciones en el caso de electroestimuladores que se puede encontrar en dicha norma son:

- Cable: Conductor aislado que posee un terminal de conexión al estimulador en una de sus extremos y un terminal de conexión al electrodo en el otro extremo, cuya función es conducir las señales de salida desde el estimulador hacia el electrodo.
- Duración del pulso: Duración del pulso de salida al 50% de la amplitud máxima.
- Estimulador: Equipo electro-médico para la aplicación de corrientes eléctricas a través de electrodos en contacto directo con el paciente para el diagnóstico y/o la terapia de trastornos neuromusculares.
- Forma de onda: Variaciones en la amplitud de una señal eléctrica que proviene de las partes aplicadas (ya sea como voltaje o corriente) en función del tiempo.
- Partes aplicadas: Los electrodos del estimulador y todas las partes conectadas por cable a ellos.
- Pulso: Porción de forma de onda entre dos niveles de tensión cero.

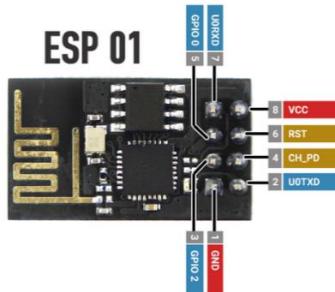
A continuación, se presenta el diagrama completo del circuito estimulador.



**Figura 37 Circuito Estimulador.** Información obtenida del modelo de prototipo. Elaborado por el autor.

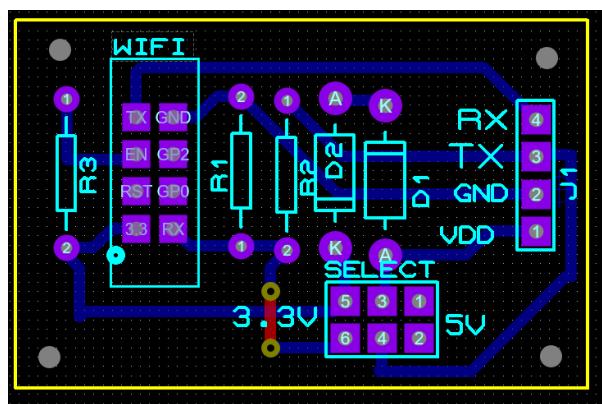
#### 4.4.2.3 Circuito de comunicación Wifi.

Tal como se mencionó en el capítulo 2, se integró el ESP8266-01, por su gran facilidad a la hora de programar con comandos AT, y por los protocolos de comunicación que maneje este dispositivo. A continuación, se presenta las conexiones de este dispositivo para su correcta funcionalidad y así evitar daños, ya que el módulo es susceptible a nivel de tensión mayor a 3.3 [V] y a las altas temperaturas.



**Figura 38 Pines ESP8266.** Información obtenida del modelo de prototipo. Elaborado por el autor.

Si bien es cierto este dispositivo tiene una alimentación Vcc de +3.3V, con una puesta a tierra (GND), aquí se presenta la conexión usada en el equipo de electroestimulación para la conexión entre el PIC y Ubidots para el control IOT.



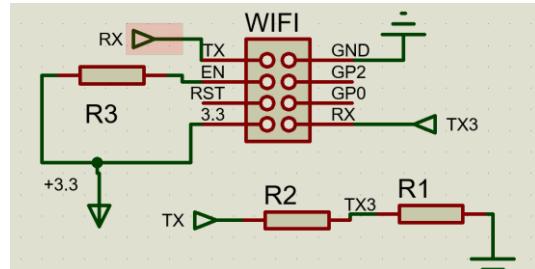
**Figura 39 PCB del ESP8266.** Información obtenida del modelo de prototipo. Elaborado por el autor.

La conexión de este dispositivo se debe realizar con mucha precaución, ya que, si no se podría averiar el dispositivo quedando obsoleto, El PIC18F4550 tiene entrada y salida RX y TX, entonces el ESP8266 se conecta de la siguiente manera:

Tx del ESP8266 directo con el Rx del PIC, y el Tx del PIC a un divisor de voltaje mediante dos resistencias en serie, dando así a los +3.3V que antes se mencionó. Este

tipo de conexión es muy seguro y óptimo para trabajar con el módulo Wi-Fi y cualquier otro microcontrolador.

A continuación, se muestra el diagrama en Proteus:



**Figura 40 Vista frontal del ESP8266.** Información obtenida del modelo de prototipo.

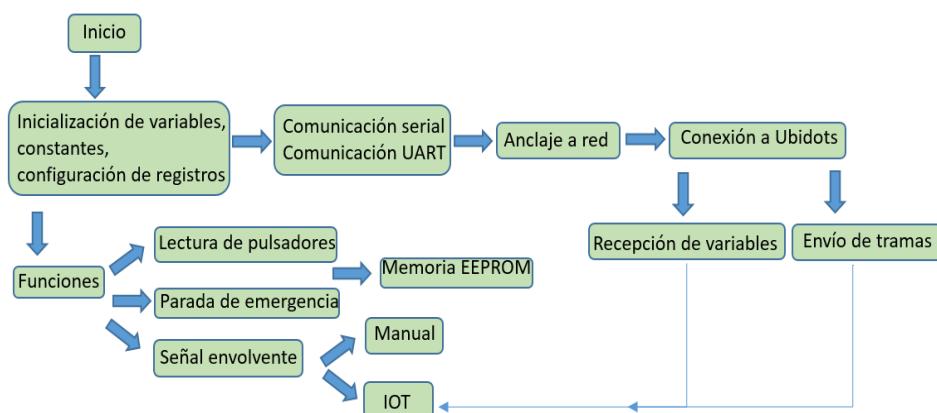
Elaborado por el autor.

#### 4.5 Programación del Microcontrolador 18F4550

Para la programación del PIC, se aprovechó sus características principales como:

- Comunicación serial
- Comunicación UART
- Memoria EEPROM
- Bajo consumo de corriente
- Timers
- Registros

A continuación, se presenta el diagrama de bloque que conforma toda la programación en el PIC.



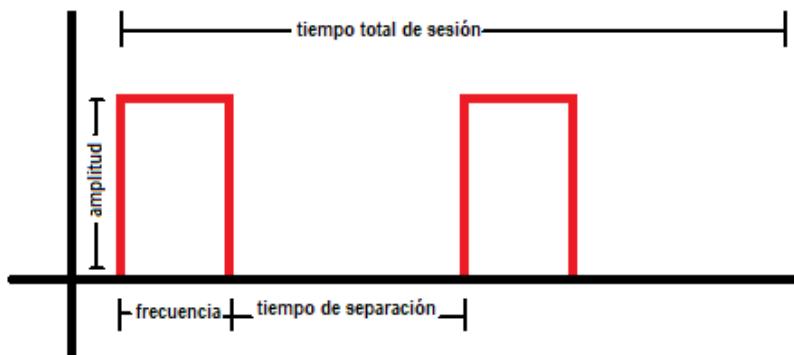
**Figura 41 Diagrama de programación del PIC.** Información obtenida del modelo de prototipo. Elaborado por el autor.

La señal envolvente se genera por medio de los registros de los timer 1 y timer 2, la memoria EEPROM se trabaja bajo el registro 0, la conexión de EPS8266 con el PIC 18F4550 se logra por medio del protocolo TCP/IP a través del puerto 80.

La conexión a través de IOT en el equipo se ejecuta preguntando por 4 variables que definen la envolvente, tales como:

- Frecuencia
- Tiempo de separación
- Tiempo de sesión
- Duty Cycle

En la siguiente imagen se describe de forma gráfica que es cada parámetro y como está relacionada con la señal envolvente.



**Figura 42 Forma de onda de la envolvente.** Información obtenida del modelo de prototipo. Elaborado por el autor.

**Frecuencia:** Indica el tiempo de estimulación, para este trabajo de investigación se tomará entre rangos de 1 [Hz] y 300 [Hz]. El cual está dentro del rango de señales de baja frecuencia.

```
//pregunta por variables deseada
manda_esp8266_const("GET /api/v1.6/devices/electestim/frecuencia/values?page_size=1&token=BBFF-eJZVaxXobE9Do0wGTqNbOZwjwp7Xgi HTTP/1.1\nHost: things.ubidots.com\n\n");
tempo=tempo_rec(6000);
if (tempo==1)
{
strcpy(captu, strtok(trama_rx, ":")); 
strcpy(captu, strtok(, ":")); 
frecuencia_u=atof(captu);
}
```

**Figura 43 Variable frecuencia.** Información obtenida del modelo de prototipo. Elaborado por el autor.

**Tiempo de separación:** Indica el tiempo de separación entre pulsos de la onda envolvente, esto es entre cada ciclo activo de la señal, es el tiempo que permanece en

espera hasta recibir el nuevo pulso. Este tiempo se le asigna un salto de cada 0.5 [s], entre un rango de 0.5[s] hasta 10[s] que es el permitido por los fisioterapeutas para las sesiones de electroestimulación en el músculo.

```
//pregunta por variables deseada
manda_esp8266_const("GET /api/v1.6/devices/electestim/separacion/values?page_size=1&token=BBFF-eJZVaxXobE9Do0wGTqNbOZwJwp7Xgi HTTP/1.1\nHost: things.ubidots.com\n\n");
tempo=tiempo_rec(6000);
if (tempo==1)
{
strcpy(captu, strtok(trama_rx, ":")); 
strcpy(captu, strtok(0, ",")); 
separacion_u=atof(captu);
}
```

**Figura 44 Variable separación.** Información obtenida del modelo de prototipo. Elaborado por el autor.

**Tiempo de sesión:** Es el tiempo que va a durar la sesión de fisioterapia por electroestimulación, se asigna entre saltos de 1[min] entre el rango de 1[min] hasta 50[min]. Una vez que se ejecute alguna sesión en el microcontrolador, se esperará este tiempo para que se pare en su totalidad la sesión.

```
//pregunta por variables deseada
manda_esp8266_const("GET /api/v1.6/devices/electestim/duracion/values?page_size=1&token=BBFF-eJZVaxXobE9Do0wGTqNbOZwJwp7Xgi HTTP/1.1\nHost: things.ubidots.com\n\n");
tempo=tiempo_rec(6000); // espera un tiempo o hasta que tenga una respuesta valida
if (tempo==1)
{
strcpy(captu, strtok(trama_rx, ":")); 
strcpy(captu, strtok(0, ",")); 
duracion_u=atof(captu);
}
```

**Figura 45 Variable tiempo de sesión.** Información obtenida del modelo de prototipo. Elaborado por el autor.

**Duty Cycle:** Es el ciclo de trabajo, ciclo útil o régimen de trabajo y que indica la relación que existe entre el tiempo en que la señal se encuentra en estado activo y el periodo de esta. Su rango está entre 1% hasta el 100%.

```
//pregunta por variables deseada
manda_esp8266_const("GET /api/v1.6/devices/electestim/duty/values?page_size=1&token=BBFF-eJZVaxXobE9Do0wGTqNbOZwJwp7Xgi HTTP/1.1\nHost: things.ubidots.com\n\n");
tempo=tiempo_rec(6000);
if (tempo==1)
{
strcpy(captu, strtok(trama_rx, ":")); 
strcpy(captu, strtok(0, ",")); 
duty_u=atof(captu);
}
```

**Figura 46 Variable tiempo Duty Cycle.** Información obtenida del modelo de prototipo. Elaborado por el autor.

Una vez que se explica los parámetros que se validan en la sesión por IOT, lo mismo se valida de forma manual, esto es, en las sesiones previamente programadas sin necesidad de conexión a internet.

A continuación, se muestra la programación de sesión de forma manual en el microcontrolador:

```

while (1)
{
    display=numeros[sesion];

    switch (sesion)
    {

        case 0:                      //sesion 1
            frecuencia=10;
            duracion=4;
            duty=80;
            separacion=0.5;
            break;

        case 1:                      //sesion 2
            frecuencia=100;
            duracion=4;
            duty=50;
            separacion=1;
            break;

        case 2:                      //sesion 3
            frecuencia=200;
            duracion=4;
            duty=100;
            separacion=2.5;
            break;
    }
}

```

**Figura 47 Creación de las sesiones de forma manual.** Información obtenida del modelo de prototipo. Elaborado por el autor.

El código en su totalidad de lo presenta en los anexos de este trabajo de investigación.

## 4.6 Captura de datos en Ubidots

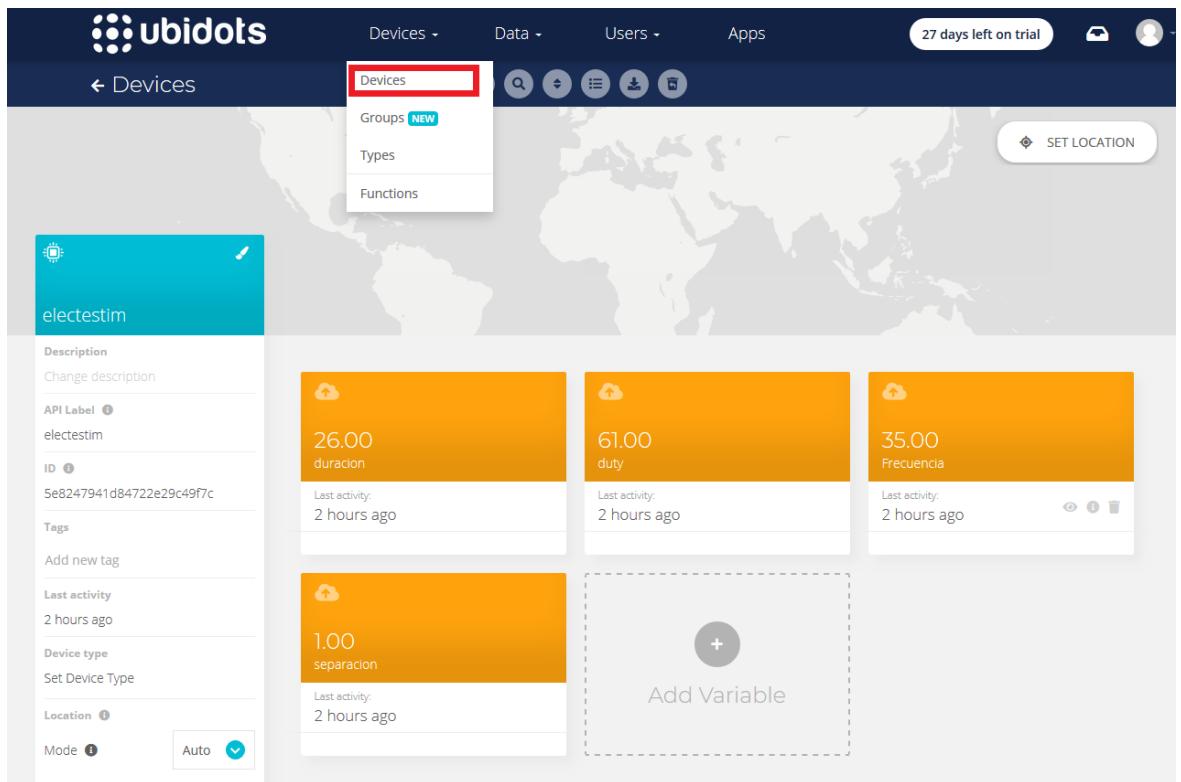
Tal como se indica en el capítulo 2, para el envío de parámetros bajo la modalidad de IOT, a continuación, se describe como se captura los datos a través de Ubidots.

### 4.6.1 Devices

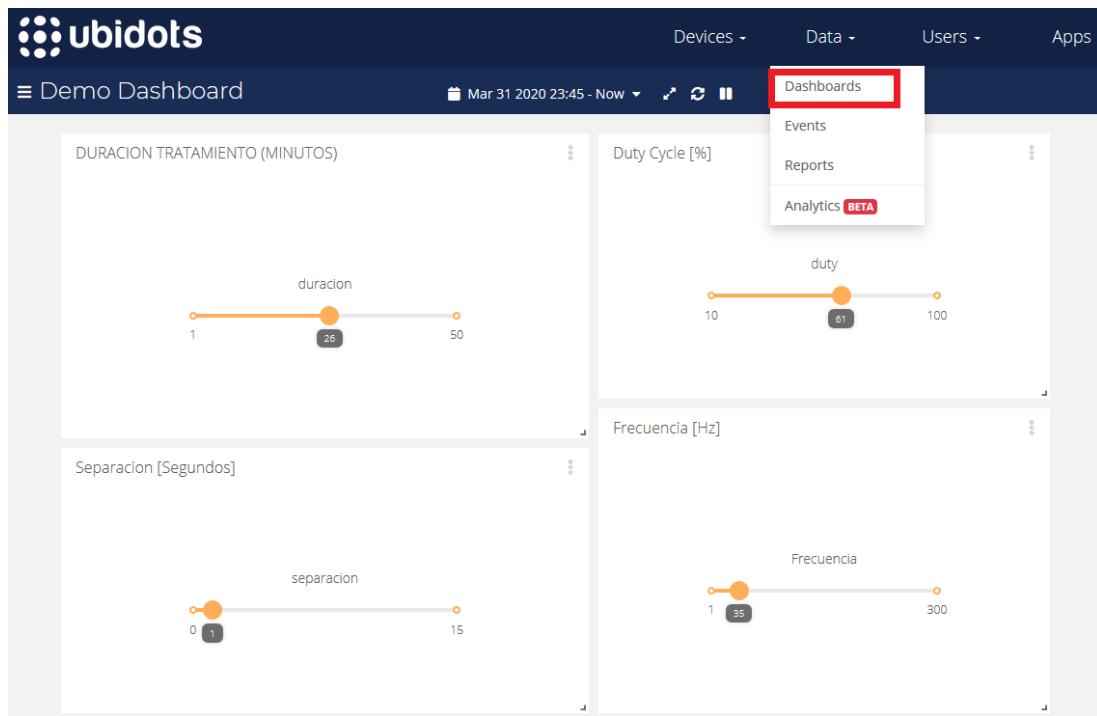
Se crea la sesión en el Device que Ubidots nos ofrece de forma gratuita, a esta sesión le asignamos un nombre electroestim, y dentro de esa sesión se generan las variables con

los APIS que Ubidots genera, recordar que estos APIS están relacionados con el Token que se ingresa en cada parámetro que se llama a través del microcontrolador.

Se crean los cuatro parámetros en el Device electroestim, lo siguiente es generar es Dashboard que es quien asigna el rango para cada parámetro desde Ubidots en el microcontrolador.



**Figura 48** Device y parámetros de la envolvente en Ubidots. Información obtenida del modelo de prototipo. Elaborado por el autor.



**Figura 49 Rango en el Dashboard de Ubidots.** Información obtenida del modelo de prototipo. Elaborado por el autor.

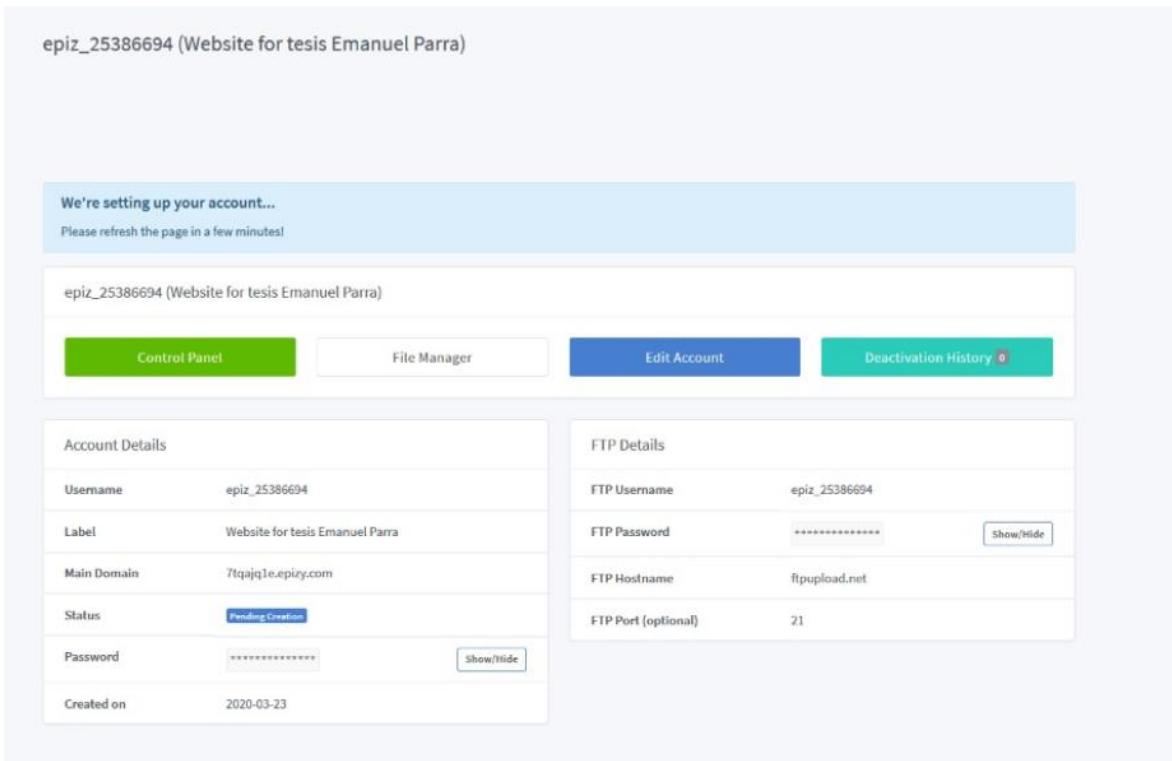
Para hacer la conexión entre Ubidots con el microcontrolador y el ESP8266 es bajo un Token que nos entrega la plataforma de Ubidots, que para este caso de prueba bajo la modalidad de GRATIS en la plataforma IOT se la obtiene de API CREDENTIALS y es la siguiente: TOKEN= BBFF-eJZVaxXobE9Do0wGTqNbOZwjwp7Xgi.

#### 4.7 Sistema Web

El sistema web, es una herramienta para el Fisioterapeuta de control en:

- Ingreso de Pacientes
- Control de Sesión
- Historial de Paciente

Para realizar el sistema web se hizo uso del Framework Laravel mediante lenguaje PHP, con una base de datos de MySQL, se obtuvo un dominio gratuito que nos ofrece a medida de prueba <http://epizy.com>, obteniendo así el siguiente la siguiente dirección web en la que está alojado nuestro sistema de Fisioterapia <http://sistherapy.epizy.com>.



**Figura 50 Creación de usuario para el dominio.** Información obtenida del modelo de prototipo en epizy.com. Elaborado por el autor.

#### 4.7.1 Comunicación entre Ubidots y Sistema Web

Para lograr la comunicación entre la plataforma de IOT con la aplicación Web, se realiza el llamado de los parámetros con el Token que nos generar Ubidots tal como se lo realizó entre el PIC y la plataforma. Mediante POSTMAN un aplicativo de desarrollo web se hace el llamado de las variables mediante GET.

A continuación, se presentan las credenciales de ftp y el nombre de usuario del cpanel.

The screenshot shows a POSTMAN interface with a successful API call. The request URL is "GET www.things.ubidots.com/api/v1.6/devices/electestim/duracion/values?page\_size=1&token=BBFF-Z1dto04MXymv2AW2pEx9s7nvBKEC2". The response status is 200 OK, time 821ms, size 499 B. The response body is a JSON object:

```

1 {
2   "count": true,
3   "rest": "http://www.things.ubidots.com/api/v1.6/devices/electestim/duracion/values?page_size=1&token=BBFF-Z1dto04MXymv2AW2pEx9s7nvBKEC2",
4   "previous": null,
5   "results": [
6     {
7       "timestamp": 1583305618051,
8       "value": 58.9,
9       "context": {},
10      "created_at": 1583305618070
11    }
12  ]
13 }

```

**Figura 51 Llamado de parámetros entre Web y Ubidots.** Información obtenida del modelo de prototipo. Elaborado por el autor.

Se crea la base de datos que almacenará el ingreso, sesión e historial por paciente en el sistema web.

```

File Edit Selection View Go Run Terminal Help
File Explorer Recent Editors SessionsController.js PatientController.js SessionController.js Sessions.php .env
SHELL
env
APP_NAME=Sis_Therapy
APP_ENV=local
APP_KEY=based4d0cc95e5a4b7f30db1296ef1817bd75a0d4a
APP_DEBUG=true
APP_URL=http://localhost

LOG_CHANNEL=stack
DB_CONNECTION=mysql
DB_HOST=127.0.0.1
DB_PORT=3306
DB_DATABASE=sis_therapy
DB_USERNAME=root
DB_PASSWORD=
REDIS_HOST=127.0.0.1
REDIS_PASSWORD=null
REDIS_PORT=6379

MAIL_MAILER=smtp
MAIL_HOST=smtp.mailtrap.io
MAIL_PORT=2525
MAIL_USERNAME=null
MAIL_PASSWORD=null
MAIL_FROM_ADDRESS=null
MAIL_FROM_NAME="${APP_NAME}"
MAIL_SUPPORT_EMAIL=$MAIL_FROM_NAME

AWS_ACCESS_KEY_ID=
AWS_SECRET_ACCESS_KEY=
AWS_DEFAULT_REGION=us-east-1
AWS_BUCKET=
AWS_REGION=
PUSHER_APP_ID=
PUSHER_APP_KEY=
PUSHER_APP_SECRET=
PUSHER_APP_CLUSTER=mt1
MIX_PUSHER_APP_KEY="${PUSHER_APP_KEY}"
MIX_PUSHER_APP_CLUSTER="${PUSHER_APP_CLUSTER}"

```

**Figura 52 Desarrollo de la BD.** Información obtenida del modelo de prototipo. Elaborado por el autor.

```

Importación ejecutada exitosamente, 30 consultas ejecutadas. (sis_therapy 20200323 1655.sql)

MySQL ha devuelto un conjunto de valores vacío (es decir, cero columnas). (La consulta tardó 0.0006 segundos)
-- Script was generated by Devart MySQL Studio 2019 for MySQL, Version 8.2.23.0 -- Product home page: http://www.devart.com/dbforge/mysql/studio -- Script id: foreign_keys -- /*#10101 SET FOREIGN_KEY_CHECKS=0; */
-- MySQL ha devuelto un conjunto de valores vacío (es decir, cero columnas). (La consulta tardó 0.0004 segundos)
-- Set SQL mode -- /*#10101 SET SQL_MODE='STRICT_ALL_TABLES'; */
-- MySQL ha devuelto un conjunto de valores vacío (es decir, cero columnas). (La consulta tardó 0.0004 segundos)
-- Set characters set the client will use to send SQL statements to the server -- SET NAMES 'utf8'
-- MySQL ha devuelto un conjunto de valores vacío (es decir, cero columnas). (La consulta tardó 0.0004 segundos)
-- Set default database -- USE epiz_25396694_sis_therapy
-- MySQL ha devuelto un conjunto de valores vacío (es decir, cero columnas). (La consulta tardó 0.0005 segundos)
-- Drop table `countries` -- DROP TABLE IF EXISTS countries
Note: #1051 Tabla `epiz_25396694_sis_therapy.countries` desconocida
-- MySQL ha devuelto un conjunto de valores vacío (es decir, cero columnas). (La consulta tardó 0.0005 segundos)
-- Drop table `migrations` -- DROP TABLE IF EXISTS migrations
Note: #1051 Tabla `epiz_25396694_sis_therapy.migrations` desconocida
-- MySQL ha devuelto un conjunto de valores vacío (es decir, cero columnas). (La consulta tardó 0.0005 segundos)
-- Drop table `paciente` -- DROP TABLE IF EXISTS paciente
Note: #1051 Tabla `epiz_25396694_sis_therapy.paciente` desconocida

```

**Figura 53 Consulta de las tablas.** Información obtenida del modelo de prototipo. Elaborado por el autor.

A continuación, se presenta la base de datos ya creada en el aplicativo web, de forma de administrador.

id	timestamp	session_id	session_data
1	2020-03-23 10:54:59	1	MyISAM utf8_general_ci
2	2020-03-23 10:54:59	2	MyISAM utf8_general_ci
3	2020-03-23 10:54:59	3	MyISAM utf8mb4_unicode_ci
4	2020-03-23 10:54:59	4	MyISAM utf8_general_ci
5	2020-03-23 10:54:59	5	MyISAM utf8_general_ci
6	2020-03-23 10:54:59	6	MyISAM utf8_general_ci
7	2020-03-23 10:54:59	7	MyISAM utf8_general_ci
8	2020-03-23 10:54:59	8	MyISAM latin1_swedish_ci

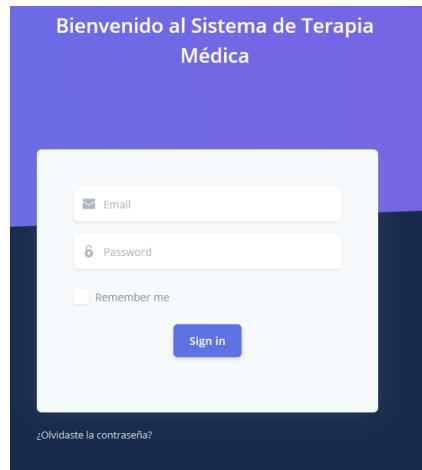
**Figura 54 Administración de la BD.** Información obtenida del modelo de prototipo.  
Elaborado por el autor.

Una vez que se desarrolla el sistema web de forma local, se sube al servidor para que esté disponible en la web.

Filename	Filesize	Filetype	Last modified	Permissions	Owner/Gro...
htaccess	690	HTACCESS ...	3/23/2020 4:54:44	0444	0.0
.override	0	OVERRIDE ...	3/23/2020 4:54:44	0644	0.2
DO NOT...	0	File	3/23/2020 4:54:44	0644	0.2

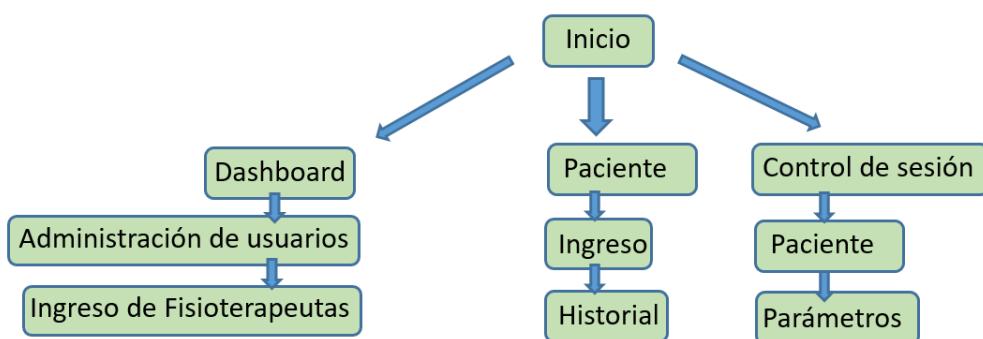
**Figura 55 Conexión web con HTDOCS.** Información obtenida del modelo de prototipo.  
Elaborado por el autor.

El servidor gratuito que nos permite poner en la web nuestro sistema nos pide un tiempo de 72 horas para que esté disponible en la web. A continuación, se presenta el HTACCESS, mediante el cual el Fisioterapeuta debe ingresar sus credenciales para poder administrar el sistema web.



**Figura 56 Htaccess del sistema web.** Información obtenida del modelo de prototipo.  
Elaborado por el autor.

El sistema web de Fisioterapia está bajo el siguiente esquema que se muestra en la siguiente figura:



**Figura 57 Diagrama general del sistema Web.** Información obtenida del modelo de prototipo. Elaborado por el autor.

A continuación se muestra cada etapa del sistema web de forma gráfica desde la página <http://sistherapy.epizy.com>.

Users					
ID	NOMBRE	EMAIL	CREATION DATE	TIPO	ACCIÓN
1	Anthony Chilán	anthony.chilanp@gmail.com	2020-03-19 04:22:04		<a href="#">Editar</a>
2	doc	doctor@mail.com	2020-03-19 15:12:30		<a href="#">Editar</a>

**Figura 58 Administración de usuarios.** Información obtenida del modelo de prototipo. Elaborado por el autor.

Se han ingresado dos usuarios en el aplicativo web, podemos registrar varios Fisioterapeutas.

Paciente					
Administración de Pacientes					
<a href="#">Agregar Paciente</a>					
Pacientes	Mostrar 10 ↓ registros	Buscar:			
CI	NOMBRE	EMAIL	CREATION DATE	TELÉFONO	ACCIÓN
0941418501	EMANUEL	PARRA	2020-03-27 20:48:03	000000000000	<a href="#">EDITAR</a>
3123231231	ANTHONY	PINCAY	2020-03-23 00:39:09	chil321312312	<a href="#">EDITAR</a>
Mostrando registros del 1 al 2 de un total de 2 registros					
Anterior 1 Siguiente					

**Figura 59 Ingreso de pacientes al sistema web de Fisioterapia.** Información obtenida del modelo de prototipo. Elaborado por el autor.

Paciente					
Pacientes					
<a href="#">Agregar Sesión</a>					
Pacientes	Mostrar 10 ↓ registros	Buscar:			
CI	NOMBRE	EMAIL	APELLIDO	TIPO	ACCIÓN
3123231231	ANTHONY	PINCAY		2020-03-23 00:39:09	<a href="#">CREAR SESIÓN</a>
0941418501	EMANUEL	PARRA		2020-03-27 20:48:03	<a href="#">CREAR SESIÓN</a>
Mostrando registros del 1 al 2 de un total de 2 registros					
Anterior 1 Siguiente					

**Figura 60. Control de pacientes.** Información obtenida del modelo de prototipo. Elaborado por el autor.

Aquí se muestra el área que corresponde a Paciente, donde se puede redirigir a crear sesión, o historial de sesión de menara general.

Pacientes					
Mostrar 10 ↓ registros					
Buscar:					
CI	NOMBRE	APELLIDO	EMAIL	SESIONES	ACCIÓN
3123231231	ANTHONY	PINCAY		12	<a href="#">VER SESIONES</a>
0941418501	EMANUEL	PARRA		0	<a href="#">VER SESIONES</a>

**Figura 61. Historial de paciente.** Información obtenida del modelo de prototipo. Elaborado por el autor.

Al darle click en VER SESIONES, se tiene acceso a todas las sesiones por fecha del paciente en la que el Fisioterapeuta creó las sesiones.

Sesiones
SESIÓN CREADA EL 2020-03-25 08:16:27
SESIÓN CREADA EL 2020-03-25 08:16:27
SESIÓN CREADA EL 2020-03-25 08:17:39
SESIÓN CREADA EL 2020-03-25 08:17:39
SESIÓN CREADA EL 2020-03-25 03:20:33
SESIÓN CREADA EL 2020-03-25 03:20:33
SESIÓN CREADA EL 2020-03-25 03:23:54
SESIÓN CREADA EL 2020-03-25 03:23:54
SESIÓN CREADA EL 2020-03-25 18:51:40
SESIÓN CREADA EL 2020-03-25 18:51:40
SESIÓN CREADA EL 2020-03-27 15:44:21
SESIÓN CREADA EL 2020-03-27 15:44:21

**Figura 62 Historial de sesiones por fecha.** Información obtenida del modelo de prototipo.  
Elaborado por el autor.

Una vez que se ingresa a la fecha seleccionada nos generará otra ventana en la cual se ve el historial del paciente.

Ingrese Paciente EMANUEL PARRA Número de Sesión	Ingrese aquí... Círcos de Sesión	Ingrese aquí... Escala del Dolor															
<table border="1"> <tr> <td>MUY BUENA</td> <td>BUENA</td> <td>REGULAR</td> <td>MALA</td> <td>MUY MALA</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> </tr> </table>			MUY BUENA	BUENA	REGULAR	MALA	MUY MALA						<input type="radio"/>				
MUY BUENA	BUENA	REGULAR	MALA	MUY MALA													
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>													
Frecuencia Ingrese aquí... <b>FRECUENCIA</b>	Tiempo de Separación Ingrese aquí... <b>SEPARACIÓN</b>	Duración del Tratamiento Ingrese aquí... <b>DURACIÓN</b>															
<table border="1"> <tr> <td>MUY BUENA</td> <td>BUENA</td> <td>REGULAR</td> <td>MALA</td> <td>MUY MALA</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> </tr> </table>			MUY BUENA	BUENA	REGULAR	MALA	MUY MALA						<input type="radio"/>				
MUY BUENA	BUENA	REGULAR	MALA	MUY MALA													
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>													
Observación Ingrese Observaciones																	
<b>Guardar</b>																	

**Figura 63 Historial de parámetros por sesión.** Información obtenida del modelo de prototipo. Elaborado por el autor.

## 4.8 Presupuesto del equipo

En esta sección se mostrará el costo de implementación en su totalidad del equipo de electroestimulación a baja frecuencia controlado por IOT, dividido en dos ítems:

- Costo de Hardware
- Costo de Software

### 4.8.1 Costos de Hardware

A continuación, se detalla la lista de materiales electrónicos para la construcción del equipo de electroestimulación muscular a baja frecuencia controlado por IOT, estos elementos son los necesarios para su implementación.

**Tabla 17.** Costo de materiales electrónicos del equipo.

Descripción	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
<i>Capacitor</i>	6	\$ 0,20	\$ 1,20
<i>Cristal</i>	1	\$ 0,35	\$ 0,35
<i>Diodo led</i>	2	\$ 0,10	\$ 0,20
<i>Diodo Rectificador 1N4007</i>	1	\$ 0,15	\$ 0,15
<i>Display 7 segmentos [CC]</i>	1	\$ 0,35	\$ 0,35
<i>Microcontrolador PIC 18F4550</i>	1	\$ 7,50	\$ 7,50
<i>Módulo ESP8266</i>	1	\$ 3,00	\$ 3,00
<i>OpAmp LM358N</i>	1	\$ 0,35	\$ 0,35
<i>Placa Electrónica</i>	1	\$ 4,00	\$ 4,00
<i>Pulsador [NA] normalmente abierto</i>	4	\$ 0,10	\$ 0,40
<i>Resistencia Variable</i>	3	\$ 0,25	\$ 0,75
<i>[Potenciómetro]</i>			
<i>Resistencia [1/2 W]</i>	14	\$ 0,05	\$ 0,70
<i>Transformador de Línea</i>	1	\$ 2,50	\$ 2,50
<i>Transistor TIP122</i>	1	\$ 0,40	\$ 0,40
<i>Fuente de Voltaje</i>	1	\$ 3,50	\$ 3,50
<b>Total</b>			<b>\$ 25,35</b>

---

Información de materiales electrónicos del equipo de electroestimulación. Elaborado por el autor.

**Tabla 18.** Valor de costo estimado del recurso humano.

Descripción	Cantidad	Tiempo	Costo Mensual	Costo Total
<i>Programador Web</i>	1	2 semanas	\$500	\$250
<i>Programador MicroChip</i>	1	2 semanas	\$500	\$250
<i>Diseñador de Placas Electrónicas</i>	1	2 semanas	\$300	\$150
<i>Total</i>				\$650

*Información adaptada a los costos por materiales de hardware. Elaborado por el autor.*

La tabla 18, nos indica el costo por mano de obra que conlleva el desarrollo del equipo de electroestimulación junto al sistema web.

#### **4.8.2 Análisis económico de desarrollo de aplicación.**

El análisis de costos para la implementación de la aplicación Sistherapy, para ser puesta en ejecución se requiere adquirir un dominio que brinde una correcta funcionalidad y disponibilidad a los fisioterapeutas para la ejecución de su profesión mediante este aplicativo a cualquiera hora que crea necesario. En el desarrollo de este sistema web se obtuvo un dominio gratis para tenerlo disponible en internet, pero cabe recalcar que está bajo unos días de prueba y que si se requiere mantener en línea el aplicativo web se tiene que pagar por el servicio de alojamiento web.

**Tabla 19.** Análisis de costos de Plataforma y web service.

Descripción	Capacidad / Tipo	Precio	Tiempo	Costo Total
Hosting PHP	25 GB	\$60.00/año	1 año	\$60.00
Dominio	.com	\$20.00/año	1 año	\$20.00
<b>Total</b>				<b>\$80.00</b>

*Información adaptada a los valores por suscripción de los servicios Web en ecuahosting.net, Elaborado por el autor*

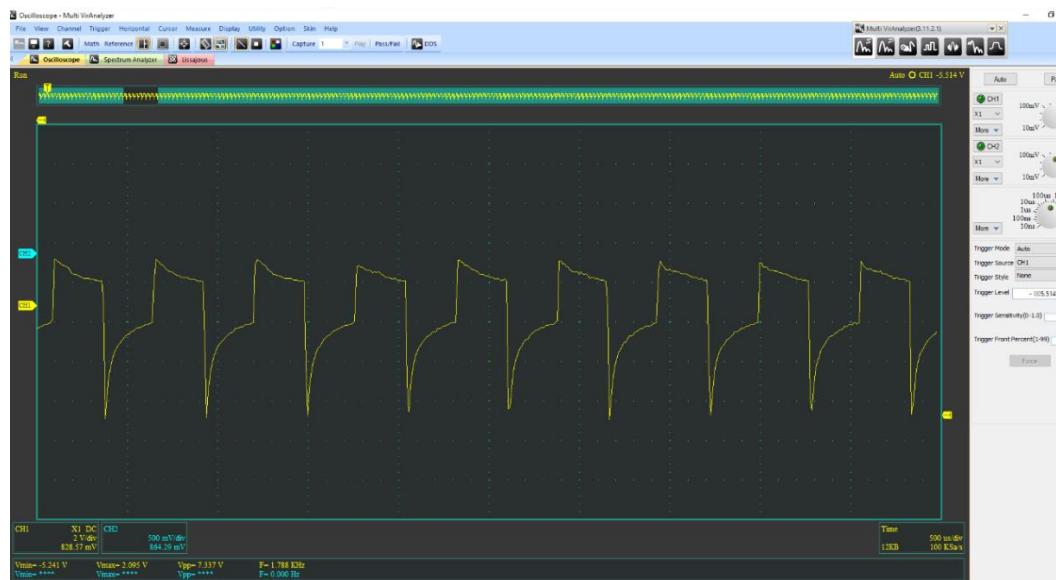
## 4.9 Equipo

### 4.9.1 Simulación del circuito

Tal como se presentó el diseño del circuito, se procede a simularlo mediante un osciloscopio obtenido en el laboratorio de pruebas de la Universidad de Guayaquil, para así comprobar la forma de onda china, la cual se fundamentó en el capítulo dos.



**Figura 64 Simulación del circuito del equipo de electroestimulación.** Información obtenida del modelo de prototipo. Elaborado por el autor.



**Figura 65 Onda de estimulación.** Información obtenida del modelo de prototipo. Elaborado por el autor.

#### **4.9.2 Equipo completo**

El equipo de electroestimulación ya completo tiene los siguientes elementos en los que podemos visualizar, ajustar y seleccionar las sesiones de Fisioterapia por electroestimulación de baja frecuencia.

- Intensidad de Voltaje
- Intensidad de Corriente
- Selección de sesión
- Selección de frecuencia de estimulación

#### **4.10 Análisis de Resultados**

En la selección de sesión manual se puede apreciar que el equipo estimula a través de los electrodos la piel con la señal envolvente que con anterioridad se programa, esto es en bajas frecuencias ya pre-establecidas, se controla mediante el potenciómetro de control de frecuencia de la señal de estimulación en el rango de 1 [kHz] hasta los 10 [kHz] tal como se calculó de forma teórica.

En la etapa de potencia, el control de la intensidad con la que los pulsos se aplican en el paciente de fisioterapia a través de los electrodos hace que sea tolerante el tratamiento de electroestimulación y si el paciente percibe cualquier malestar puede parar por completo la sesión con un pulsador de emergencia que se encuentra en el panel frontal del equipo.

Se comprueba que la onda de estimulación en el tratamiento se genera bajo los requerimientos de electroestimulación, tal como se presentó de forma teórica en el capítulo dos.

Los parámetros para la sesión controlada por IOT son arbitrarios dejando a disposición del Fisioterapeuta a cargo de la sesión según lo requiera.

#### **4.11 Conclusiones**

- Se seleccionó el módulo wifi a partir de los requerimientos de modo de programación en base al diseño del equipo, ya que se trabajó con un Microcontrolador (PIC) y el módulo seleccionado debió corresponder a programación con comandos AT, puesto que en el mercado existen otros módulos

para el desarrollo con Arduino y estos llevan otro tipo de configuración, esto se simplificó con el ESP8266-01.

- Se verificó el correcto estado de recepción y envío de datos en las etapas del módulo wifi y el microcontrolador, mediante la comunicación serial establecida entre estas etapas y la PC, para dicha finalidad requirió que tanto el módulo wifi y el microcontrolador estén configurados en la misma velocidad de transmisión de bits (9600 baudios) la misma que está limitada por las características de frecuencia del cristal que se usó como oscilador externo en el microcontrolador.
- El transformador que se utilizó para la generación de onda china es adecuado para la frecuencia de las señales que manejará, en este caso, como son señales de alta frecuencia se requiere uno con núcleo de ferrita como los que se emplean en equipos de audio, pues estos tendrán un ciclo de histéresis apropiado para tales frecuencias permitiendo así el correcto manejo de la señal de estimulación sin que se pierda la energía de la misma en un sobrecalentamiento.
- Se empleó un aislamiento electrónico para proteger el microcontrolador de cualquier sobrecarga debido a algún defecto de funcionamiento en la etapa de potencia, esto se lo ha realizado por medio de un Optoaclopador.

#### 4.12 Recomendaciones

- Una de las mejoras que se puede sugerir para el diseño efectuado es la conexión del modelo wifi a internet por medio de conexión WPS en un Access Point lo cual facilita la conexión a internet del equipo sin el requerimiento de una configuración adicional de registro de red en el microcontrolador.
- Si se desea ampliar el uso del equipo para otros tratamientos de electromedicina, es posible programar el microcontrolador para la generación de otros tipos de onda que se apliquen a otros tratamientos específicos requeridos por el fisioterapeuta sin tener que cambiar el diseño del mismo.

- Se recomienda el uso previo de la sesión cero, la cual ha sido incluida como una sesión de prueba de nivel de voltaje de pulsaciones cortas y con tiempos de separación interpulsos de varios segundos para que el paciente pueda regular el voltaje hasta un nivel adecuado a su sensibilidad.
- Para mantener el sistema web en línea de manera comercial, se debe contratar un servidor Premium y comprar un dominio.
- Para la simplificación del trabajo a la hora de crear el sistema web, se recomienda hacer uso de frameworks, los cuales proporcionan tanto un esqueleto como una forma de trabajar. Por lo tanto, evitan tener que realizar un análisis sobre dónde situar los diferentes archivos de la aplicación (recursos, controladores, vistas, modelos, etc.).

# **ANEXOS**

**Anexo 1.****Modelo de la encuesta dirigida a los pacientes de Fisioterapia.****ELECTROESTIMULADOR MUSCULAR DE BAJA FRECUENCIA**

Pregunta 1: ¿Cuál es la frecuencia con la que usted visita un centro de Fisioterapia? \*

- Todos los días
- 1 día a la semana
- 5 días por mes
- Muy pocas veces

Pregunta 2: ¿Qué tipo de tratamiento lleva dentro del centro de Fisioterapia? \*

- Hidroterapia
- Magnetoterapia
- Electroestimulación
- Neuropatía

Pregunta 3: ¿Cuánto tiempo de tratamiento conlleva su sesión con el Fisioterapeuta? \*

- 30 min – 60 min
- 61 min – 90 min
- 91 min – 120 min

Pregunta 4: ¿Conoce usted sobre el internet de las cosas (IOT)? \*

- Sí
- No

Pregunta 5: ¿Qué características considera de mayor importancia implementar en el control de sesiones en el centro de Fisioterapia? \*

- Asistencia personal
- Control por Internet
- Asistencia 24/7 a domicilio
- Aplicativo Web

Pregunta 6: ¿Le gustaría que sus sesiones de electroterapia sean controladas en su domicilio desde el consultorio del Fisioterapeuta?

- Sí
- No

Pregunta 7: ¿Cuáles cree usted que son las ventajas de utilizar un equipo que sea controlado por medio de internet? \*

- Fácil manipulación
- Alto nivel de seguridad
- Control 24/7
- Minimiza tiempos de espera
- Otros

Pregunta 8: ¿Considera viable el uso de un equipo de electroterapia que sea controlado por internet bajo la supervisión del Fisioterapeuta en su domicilio? \*

- Sí
- No

Pregunta 9: Según su criterio, ¿Cuánto estaría dispuesto a invertir en un equipo de electroestimulación que sea controlado por el Fisioterapeuta mediante internet?

- \$0 - \$25
- \$26 - \$50
- \$51 - \$75
- \$76 - \$100

Pregunta 10: ¿Le gustaría que los Fisioterapeutas que usted visita usen un equipo de electroestimulación controlado por internet para sus sesiones de electroterapia?

- Sí
- No

**Anexo 2.**  
**Encuestas realizadas**



**Anexo 3.**  
**Código en MikroC para programar el PIC18F45.**

```
#include "built_in.h"
sbit sw_baja at RA0_bit;
sbit sw_sube at RA1_bit;
sbit sw_arranca at RA2_bit;
sbit aviso at LATC0_bit;
sbit O1 at LATC1_bit;
sbit pru at LATC2_bit;
#define display LATB
const unsigned char numeros[]={63,6,91,79,102,109,125,7,127,111,119,124,57,94,121,113};
signed char sesion=0;
const float cristal=Clock_MHz();
const_float paso=32.0*4.0/(cristal*1e6);
nsigned_int modo=0,frecuencia=1,duracion=5,duty=50,separacion=2;
unsigned_int modo_u=0,frecuencia_u=1,duracion_u=5,duty_u=50,separacion_u=2;
float duty_h,duty_l,separa_float;
unsigned int timer_l,timer_h,timer_sepa;
unsigned int base=0,segundo=0,minutos=0;
unsigned char tempo;
char trama_rx[200];
char trama_tx[200];
char trama_cont=0;
char dato_rx;
enum estados_{normal,cap_l,cap_u,cap_e,cap_co,esp_fin al} ;
char estado_rec=normal;
enum estados_pulso {nada,alto,bajo,sepa,fin_trat} ;
char estado_pul=nada;
char flag_fin=0;
char flag_arracar=0;
char flag_apagar=0;
char texto[200];
char flag_ubi=0;
char captu[30];
void Uart1_write_text_const(const char *info){
while(*info) UART1_Write(*info++);
void soft_Uart_write_text(char *info){
while(*info)
Soft_UART_Write(*info++);
void soft_Uart_write_text_const(const char *info){
while(*info)
Soft_UART_Write(*info++);
void calculos_pulso(){
flag_fin=0;
base=0;
minutos=0;
segundo=0;
aviso=1;
duty_h=(float)(1.0/(frecuencia*paso))*(float)duty/100.0;
duty_l=(float)(1.0/(frecuencia*paso))*(100.0-(float)duty)/100.0;
separa_float=(float)separacion/paso;
timer_h=(float)65536- duty_h;
```

```

timer_l=(float)65536- duty_l;
timer_sepa= (float)65536- separa_float;
TMR0L=255;
TMR0h=255;
TMR0If_bit=0;
TMR0IE_bit=1;
TMR0ON_bit=1;
TMR1H=11;
TMR1L=220;
TMR1If_bit=0;
TMR1IE_bit=1;
TMR1ON_bit=1;
estado_pul=alto; }

void apagar(){
soft_Uart_write_text_const("apagado\r\n");
Delay_ms(300);
flag_fin=0;
base=0;
minutos=0;
segundo=0;
aviso=0;
TMR1ON_bit=0;
TMR0ON_bit=0;
TMR0IE_bit=0;
TMR1IE_bit=0;
flag_arracar=0; }

void analiza_pulsadores (){
if ((sw_arranca==1) &&
(flag_arracar==0)){
calculos_pulso(); }

timer_l=(float)65536- duty_l;
timer_sepa= (float)65536- separa_float;
TMR0L=255;
TMR0h=255;
TMR0If_bit=0;
TMR0IE_bit=1;
TMR0ON_bit=1;
TMR1H=11;
TMR1L=220;
TMR1If_bit=0;
TMR1IE_bit=1;
TMR1ON_bit=1;
estado_pul=alto; }

void apagar(){
soft_Uart_write_text_const("apagado\r\n");
Delay_ms(300);
flag_fin=0;
base=0;
minutos=0;
segundo=0;
aviso=0;
TMR1ON_bit=0;
TMR0ON_bit=0;
TMR0IE_bit=0;
TMR1IE_bit=0;
flag_arracar=0; }

void analiza_pulsadores (){
if ((sw_arranca==1) &&
(flag_arracar==0)){
calculos_pulso(); }

```

```

for (cont1=1;cont1<=milis;cont1++){
    delay_Us(900);
    analiza_pulsadores();
    if (strstr(trama_rx,cap)!=0 ){
        RCIE_bit=0;
        Delay_ms(10);
        return(1);
    }
    else if (strstr(trama_rx,cap1)!=0 ){
        RCIE_bit=0;
        Delay_ms(10);
        return(2);
    }
}
RCIE_bit=0;
return(0);

char tiempo_rec(unsigned int milis{
    unsigned int cont1;
    flag_ubi=0;
    estado_rec=cap_1;
    trama_cont=0;
    memset(trama_rx,0,200);
    RCIF_bit=0;
    CREN_bit=0;
    CREN_bit=1;
    RCIE_bit=1;
    Delay_ms(10);
    for
        (cont1=1;cont1<=milis;cont1++)
    {
        delay_Us(900);
        if (flag_ubi==1) return(1);
        RCIE_bit=0;
        return(0);
    }
    void delay_ms_arz(unsigned int milis){
        unsigned int cont11;
        for(cont11=1;cont11<=milis;cont11++)
        {
            delay_Us(900);
            analiza_pulsadores();
        }
        char manda_AT_COMMANDO(char *coman, char cap[15], char cap1[15],unsigned int retardo)
        {
            Uart1_write_text(coman);
            Uart1_write_text_const("\r\n");
            return (tiempo(retardo,cap,cap1));
        }
        unsigned long strlen_const(const char *const_pun)
        {
            unsigned int cuen_const=0;
            while (*const_pun++!=0)
                cuen_const++;
            return (cuen_const);
        }
        void manda_esp8266_const(const char *info){
            unsigned int largo;
            Uart1_write_text_const("AT+CIPSEN
D=");
            UART1_Write('4');
            UART1_Write(',');
        }
    }
}

```

```

sprinti(captu,"%1u",largo);
UART1_Write_Text(captu);
Uart1_write_text_const("\r\n");
Delay_ms(100);
Uart1_write_text_const(info);
}

void manda_esp8266(char *info)
{
unsigned int largo;
Uart1_write_text_const("AT+CIPSE
ND=");
UART1_Write('4');
UART1_Write(',');
largo=strlen(info);
sprinti(captu,"%1u",largo);
UART1_Write_Text(captu);
Uart1_write_text_const("\r\n");
Delay_ms(100);
UART1_Write_Text(info);
}

unsigned char conecta()
{
tempo=manda_AT_COMMANDO("A
T+CIPSTART=4,\"TCP\",\"things.ubid
ots.com\",80", "OK", "CONNECT",
10000);
Delay_ms(2000);
if ((tempo==1) ||(tempo==2))
return(1);
else return(0);
}

void conectar()
if(conecta()==1)
{
manda_esp8266_const("GET
/api/v1.6/devices/electestim/frecuenc
ia/values?page_size=1&token=BBFF-
Z1dtoO4MXiynv2AW2pEXfx7nvB
KEC2 HTTP/1.1\nHost:
things.ubidots.com\n\n");
tempo=tiempo_rec(6000);
if (tempo==1)
{
strcpy(captu, strtok(trama_rx,
":"));strcpy(captu, strtok(0, ","));
frecuencia_u=atof(captu);
}

manda_esp8266_const("GET
/api/v1.6/devices/electestim/separaci
on/values?page_size=1&token=BBF
F-
Z1dtoO4MXiynv2AW2pEXfx7nvB
KEC2 HTTP/1.1\nHost:
things.ubidots.com\n\n");
tempo=tiempo_rec(6000);
if (tempo==1)
{
strcpy(captu, strtok(trama_rx, ":"));strcpy(captu, strtok(0, ","));
separacion_u=atof(captu);
}

manda_esp8266_const("GET
/api/v1.6/devices/electestim/duty/val
ues?page_size=1&token=BBFF-
Z1dtoO4MXiynv2AW2pEXfx7nvB
KEC2 HTTP/1.1\nHost:
things.ubidots.com\n\n");
tempo=tiempo_rec(6000);
}

```



```

estado_pul=nada ;
flag_apagar=1; }

break;
break; }

TMR0IF_bit=0; }

if (TMR1IF_bit==1){

TMR1H=11;
TMR1L=220;
base++;
if (base>7){

base=0;
segundo++;
if (segundo>=59 ){

segundo=0;
minutos++; if (minutos>=duracion){

minutos=0;
segundo=0;
base=0;
TMR1IE_bit=0;
aviso=0;
flag_fin=1;}}}

TMR1IF_bit=0; }

void main(){

ADCON1=0B1111;
TRISB=0;
TRISC=0;
TRISA=0xFF;
TRISC7_bit=1;
UART1_Init(9600);
INTCON=0b01000000;

Soft_UART_Init(&PORTA, 4, 5,
9600, 0);
soft_Uart_write_text("ok\r\n");
RCIF_bit=0;
RCIE_bit=0;
LATB=0;
T0CON=0;
TMR0ON_bit=0;
TMR0H=72;
TMR0L=228;
T0PS2_bit=1;
T0PS1_bit=0;
T0PS0_bit=0;
TMR0IF_bit=0;
TMR0IE_bit=0;
T1CON=0;
TMR1ON_bit=0;
TMR1H=11;
TMR1L=220;
T1CKPS1_bit=1;
T1CKPS0_bit=1;
TMR1IF_bit=0;
TMR1IE_bit=0;
aviso=0;
sesion = EEPROM_Read(0);
display=numeros[sesion];
RCEN_bit=0;
RCEN_bit=1;
manda_AT_COMMANDO("ATE1",
"OK", "ERROR", 500);

```

```

manda_AT_COMANDO("AT+CW
MODE=1","OK",    "no    change",
1000);

manda_AT_COMANDO("AT+CWJ
AP=\\"Familia_Ramos_Zambrano\\",
"forever17\\","OK","OK",10000);

manda_AT_COMANDO("AT+CIP
MUX=1","OK","OK",1000);

manda_AT_COMANDO("AT+CIFS
R","OK","OK",1000);

GIE_bit=1;

while (1){

display=numeros[sesion];

switch (sesion){

case 0:

frecuencia=1;

duracion=10;

duty=50;

separacion=1;

break;

case 1:

frecuencia=10;

```

```

duracion=5;

duty=50;

separacion=2;

break;

case 2:

frecuencia=200;

duracion=10;

duty=30;

separacion=5;

break;

case 3:

conectar();

frecuencia=frecuencia_u;

duty=duty_u;

separacion=separacion_u;

duracion=duracion_u;

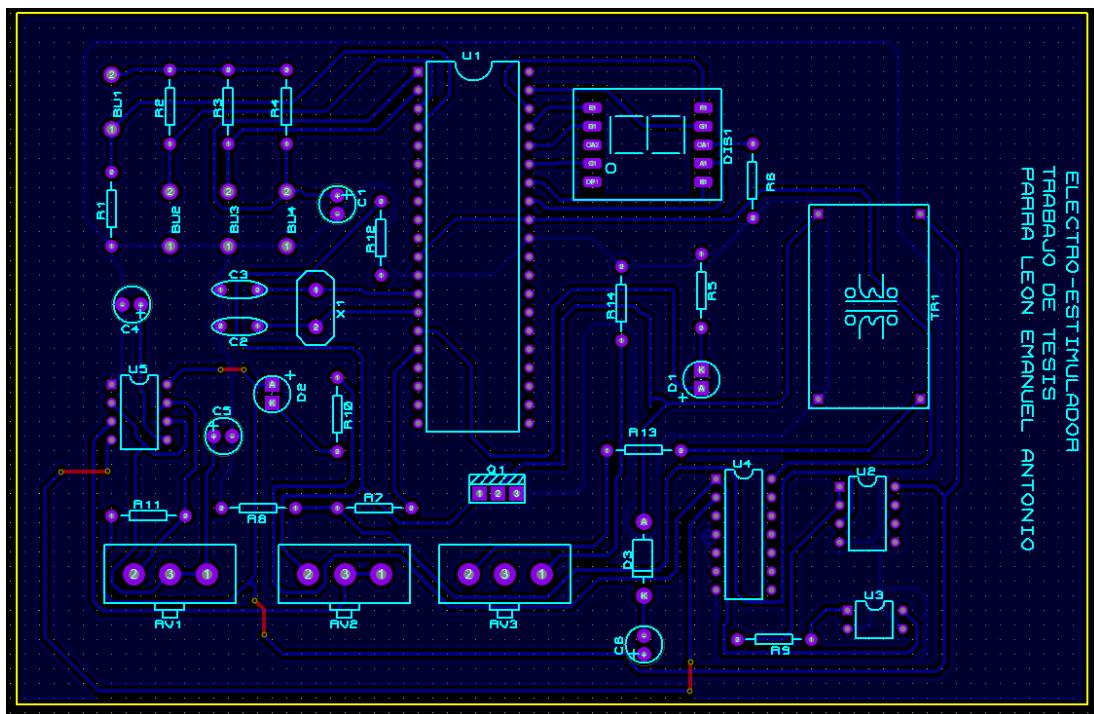
delay_ms_arz(2000);

break; }

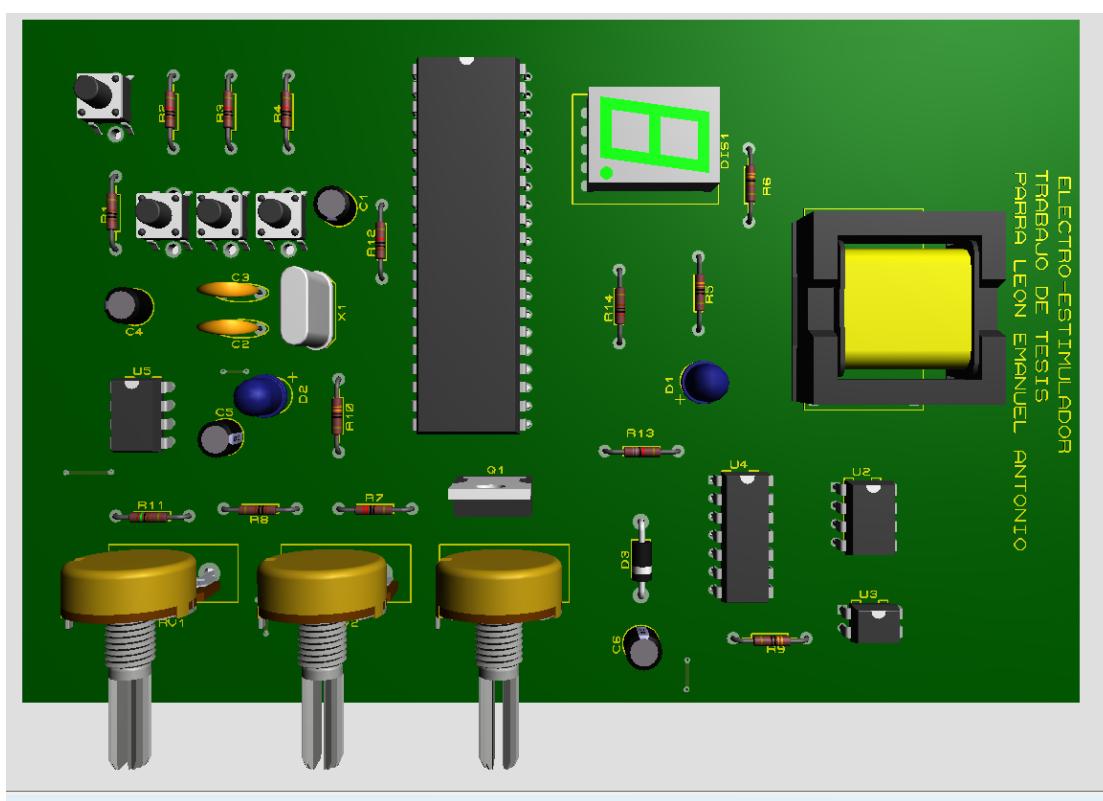
analiza_pulsadores(); }

```

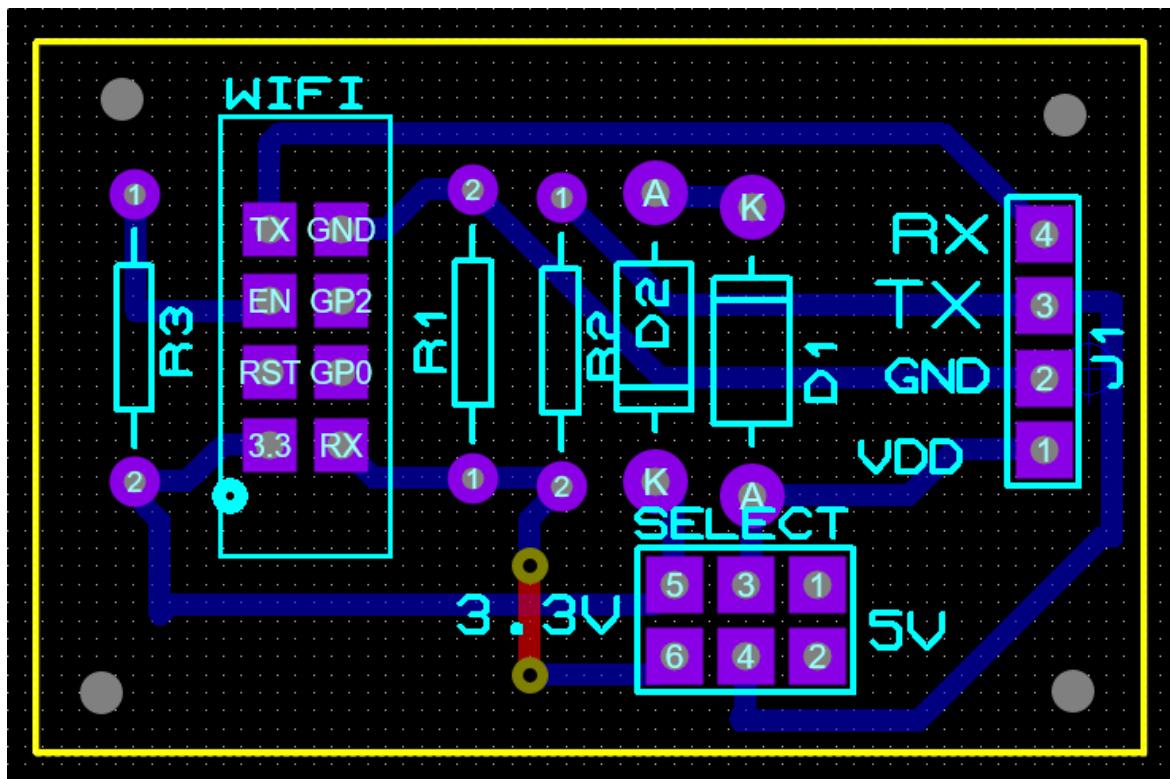
**Anexo 4.**  
**Diseño PCB y 3D de los circuitos del equipo.**  
**Circuito PCB del equipo**



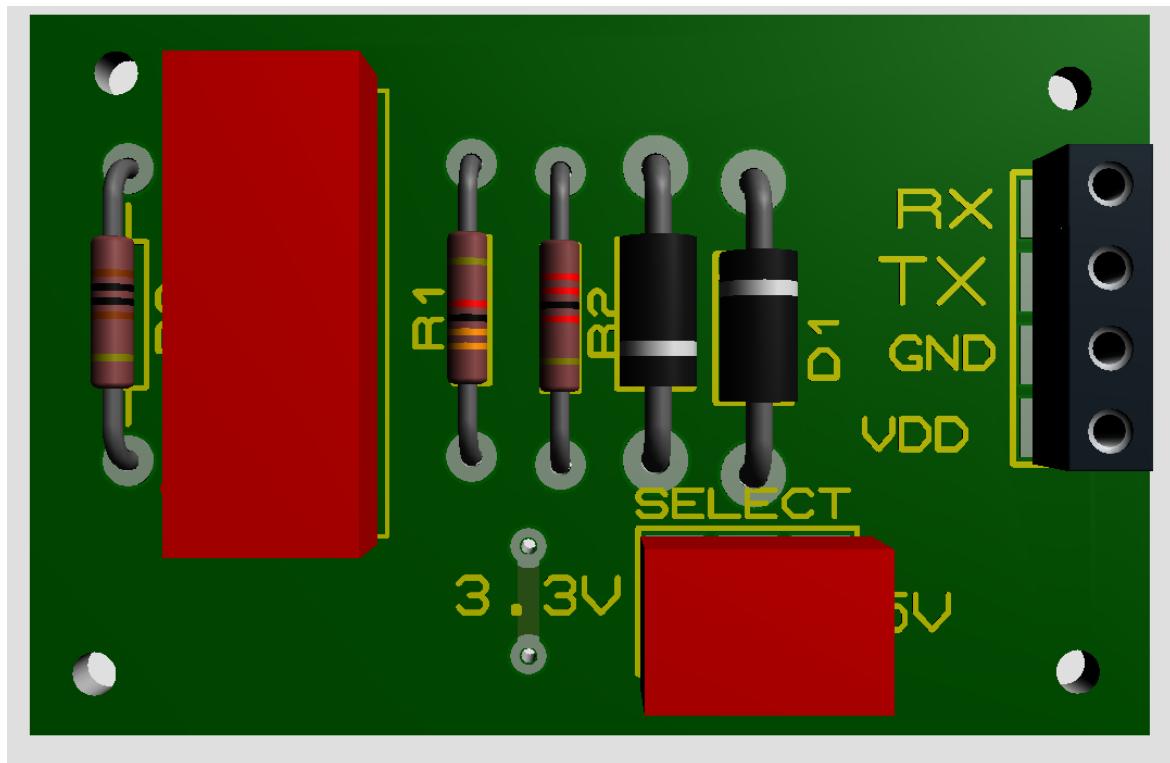
**Vista 3D del equipo**



## Circuito del ESP8266



Vista 3D del ESP8266



## Anexo 5.

### Hoja de datos

#### NE555



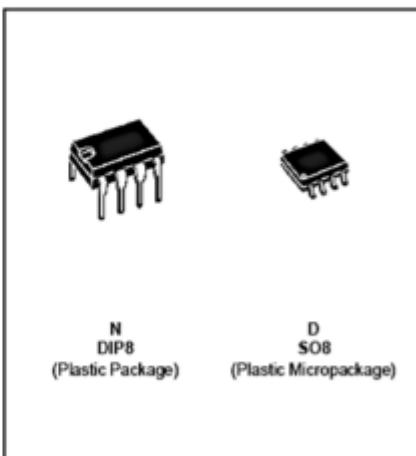
**NE555  
SA555 - SE555**

#### GENERAL PURPOSE SINGLE BIPOLAR TIMERS

- LOW TURN OFF TIME
- MAXIMUM OPERATING FREQUENCY GREATER THAN 500kHz
- TIMING FROM MICROSECONDS TO HOURS
- OPERATES IN BOTH ASTABLE AND MONOSTABLE MODES
- HIGH OUTPUT CURRENT CAN SOURCE OR SINK 200mA
- ADJUSTABLE DUTY CYCLE
- TTL COMPATIBLE
- TEMPERATURE STABILITY OF 0.005% PER°C

#### DESCRIPTION

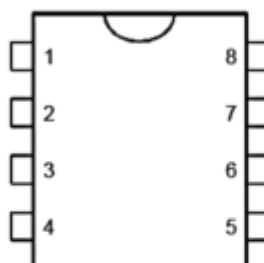
The NE555 monolithic timing circuit is a highly stable controller capable of producing accurate time delays or oscillation. In the time delay mode of operation, the time is precisely controlled by one external resistor and capacitor. For a stable operation as an oscillator, the free running frequency and the duty cycle are both accurately controlled with two external resistors and one capacitor. The circuit may be triggered and reset on falling waveforms, and the output structure can source or sink up to 200mA. The NE555 is available in plastic and ceramic minidip package and in a 8-lead micropackage and in metal can package version.



#### ORDER CODES

Part Number	Temperature Range	Package	
		N	D
NE555	0°C, 70°C	*	*
SA555	-40°C, 105°C	*	*
SE555	-55°C, 125°C	*	*

#### PIN CONNECTIONS (top view)



- 1 - GND
- 2 - Trigger
- 3 - Output
- 4 - Reset
- 5 - Control voltage
- 6 - Threshold
- 7 - Discharge
- 8 - Vcc

#### OPERATING CONDITIONS

Symbol	Parameter	SE555	NE555 - SA555	Unit
V <sub>CC</sub>	Supply Voltage	4.5 to 18	4.5 to 18	V
V <sub>H</sub> , V <sub>trip</sub> , V <sub>d</sub> , V <sub>reset</sub>	Maximum Input Voltage	V <sub>CC</sub>	V <sub>CC</sub>	V

**PIC 18F4550****PIC18F2455/2550/4455/4550****28/40/44-Pin, High-Performance, Enhanced Flash,  
USB Microcontrollers with nanoWatt Technology****Peripheral Highlights:**

- High-Current Sink/Source: 25 mA/25 mA
- Three External Interrupts
- Four Timer modules (Timer0 to Timer3)
- Up to 2 Capture/Compare/PWM (CCP) modules:
  - Capture is 16-bit, max. resolution 5.2 ns (T<sub>CY</sub>/16)
  - Compare is 16-bit, max. resolution 83.3 ns (T<sub>CY</sub>)
  - PWM output: PWM resolution is 1 to 10-bit
- Enhanced Capture/Compare/PWM (ECCP) module:
  - Multiple output modes
  - Selectable polarity
  - Programmable dead time
  - Auto-shutdown and auto-restart
- Enhanced USART module:
  - LIN bus support
- Master Synchronous Serial Port (MSSP) module supporting 3-wire SPI (all 4 modes) and I<sup>2</sup>C™ Master and Slave modes
- 10-bit, up to 13-channel Analog-to-Digital Converter module (A/D) with Programmable Acquisition Time
- Dual Analog Comparators with Input Multiplexing

**Universal Serial Bus Features:**

- USB V2.0 Compliant
- Low Speed (1.5 Mb/s) and Full Speed (12 Mb/s)
- Supports Control, Interrupt, Isochronous and Bulk Transfers
- Supports up to 32 Endpoints (16 bidirectional)
- 1-Kbyte Dual Access RAM for USB
- On-Chip USB Transceiver with On-Chip Voltage Regulator
- Interface for Off-Chip USB Transceiver
- Streaming Parallel Port (SPP) for USB streaming transfers (40/44-pin devices only)

**Power-Managed Modes:**

- Run: CPU on, peripherals on
- Idle: CPU off, peripherals on
- Sleep: CPU off, peripherals off
- Idle mode currents down to 5.8 µA typical
- Sleep mode currents down to 0.1 µA typical
- Timer1 Oscillator: 1.1 µA typical, 32 kHz, 2V
- Watchdog Timer: 2.1 µA typical
- Two-Speed Oscillator Start-up

**Flexible Oscillator Structure:**

- Four Crystal modes, including High Precision PLL for USB
- Two External Clock modes, up to 48 MHz
- Internal Oscillator Block:
  - 8 user-selectable frequencies, from 31 kHz to 8 MHz
  - User-tunable to compensate for frequency drift
- Secondary Oscillator using Timer1 @ 32 kHz
- Dual Oscillator options allow microcontroller and USB module to run at different clock speeds
- Fail-Safe Clock Monitor:
  - Allows for safe shutdown if any clock stops

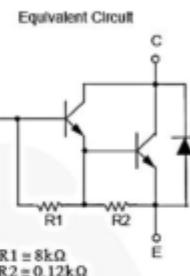
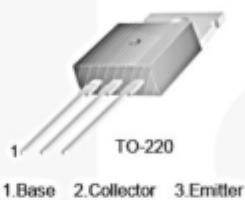
## TIP122



## TIP120 / TIP121 / TIP122 NPN Epitaxial Darlington Transistor

### Features

- Medium Power Linear Switching Applications
- Complementary to TIP125 / TIP126 / TIP127



### Absolute Maximum Ratings

Stresses exceeding the absolute maximum ratings may damage the device. The device may not function or be operable above the recommended operating conditions and stressing the parts to these levels is not recommended. In addition, extended exposure to stresses above the recommended operating conditions may affect device reliability. The absolute maximum ratings are stress ratings only. Values are at  $T_C = 25^\circ\text{C}$  unless otherwise noted.

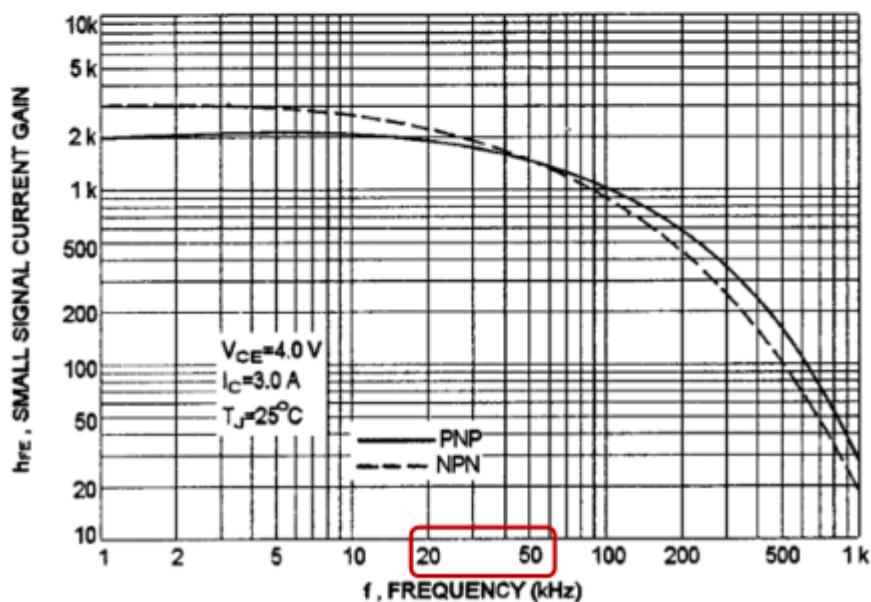
Symbol	Parameter	Value	Unit
$V_{CBO}$	Collector-Base Voltage	TIP120 TIP121 TIP122	V
		60 80 100	
$V_{CEO}$	Collector-Emitter Voltage	TIP120 TIP121 TIP122	V
		60 80 100	
$V_{EBO}$	Emitter-Base Voltage	5	V
$I_C$	Collector Current (DC)	5	A
$I_{CP}$	Collector Current (Pulse)	8	A
$I_B$	Base Current (DC)	120	mA
$T_J$	Junction Temperature	150	$^\circ\text{C}$
$T_{STG}$	Storage Temperature Range	-65 to 150	$^\circ\text{C}$

### Electrical Characteristics

Values are at  $T_C = 25^\circ\text{C}$  unless otherwise noted.

Symbol	Parameter	Conditions	Min.	Max.	Unit
$V_{CEO(\text{sus})}$	Collector-Emitter Sustaining Voltage	TIP120	60		V
		TIP121	80		
		TIP122	100		
$I_{CEO}$	Collector Cut-Off Current	TIP120	$V_{CE} = 30 \text{ V}, I_B = 0$	0.5	mA
		TIP121	$V_{CE} = 40 \text{ V}, I_B = 0$	0.5	
		TIP122	$V_{CE} = 50 \text{ V}, I_B = 0$	0.5	
$I_{CBO}$	Collector Cut-Off Current	TIP120	$V_{CB} = 60 \text{ V}, I_E = 0$	0.2	mA
		TIP121	$V_{CB} = 80 \text{ V}, I_E = 0$	0.2	
		TIP122	$V_{CB} = 100 \text{ V}, I_E = 0$	0.2	
$I_{EBO}$	Emitter Cut-Off Current	$V_{EB} = 5 \text{ V}, I_C = 0$		2	mA
$h_{FE}$	DC Current Gain <sup>(1)</sup>	$V_{CE} = 3 \text{ V}, I_C = 0.5 \text{ A}$	1000		
		$V_{CE} = 3 \text{ V}, I_C = 3 \text{ A}$	1000		
$V_{CE(\text{sat})}$	Collector-Emitter Saturation Voltage <sup>(1)</sup>	$I_C = 3 \text{ A}, I_B = 12 \text{ mA}$	2.0		V
		$I_C = 5 \text{ A}, I_B = 20 \text{ mA}$	4.0		
$V_{BE(\text{on})}$	Base-Emitter On Voltage <sup>(1)</sup>	$V_{CE} = 3 \text{ V}, I_C = 3 \text{ A}$		2.5	V
$C_{ob}$	Output Capacitance	$V_{CB} = 10 \text{ V}, I_E = 0, f = 0.1 \text{ MHz}$		200	pF

FIG-4 SMALL-SIGNAL CURRENT GAIN



**Anexo 6.**  
**Sesiones pre-programadas.**

Las siguientes sesiones son pre-programadas en el microcontrolador.

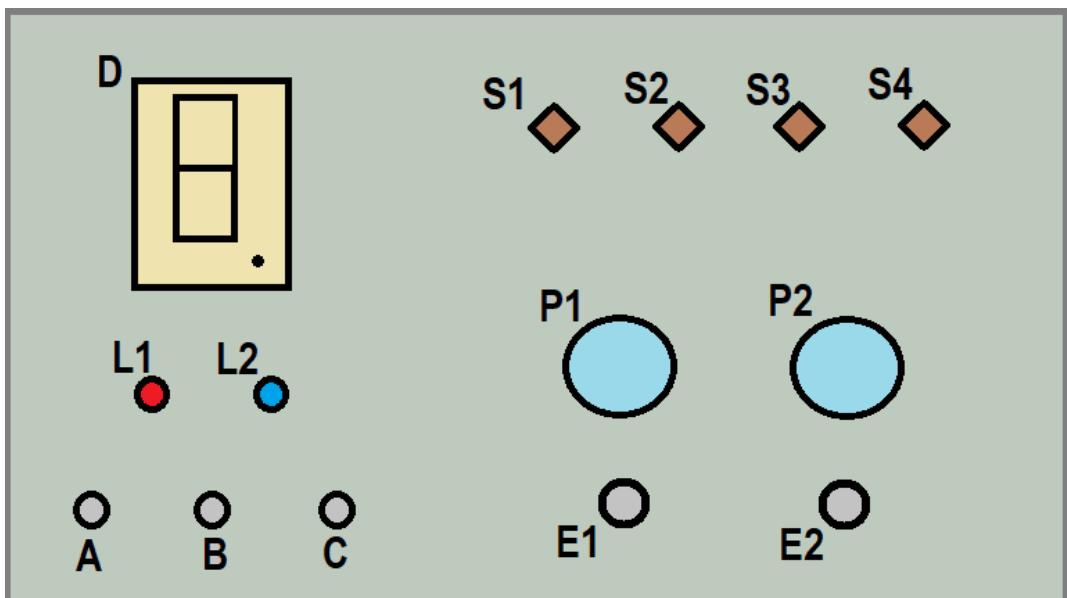
Tanto la sesión  $S_0$ ,  $S_1$  y  $S_2$ , son sesiones que serán ejecutadas de forma manual por el paciente en su domicilio.

Si se requiere agregar más sesiones manuales se deberá reprogramar el PIC 18F4550 con el compilador MikroC.

Sesión	Tiempo Separación (mSeg)	Tiempo Total (min)	Frecuencia (Hz)	Duty Cycle (%)
$S_0$	500	5	3	50
$S_1$	2000	10	10	100
$S_2$	3500	10	30	100

**Anexo 7.**  
**Manual para el Paciente.**

La vista frontal del equipo consta de los siguientes componentes electrónicos:



A: GND común del equipo

B: Entrada para comunicación serial del PIC18F4550

C: Entrada para comunicación serial del ESP8266-01

D: Display 7 Segmentos

E1: Entrada del primer electrodo de estimulación

E2: Entrada del segundo electrodo de estimulación

L1: Led indicador de sesión

L2: Led indicador de funcionamiento

P1: Regulador de nivel de tensión de onda china

P2: Regulador de frecuencia estimulante

S1: Pulsador Ejecutar

S2: Pulsador Subir

S3: Pulsador Bajar

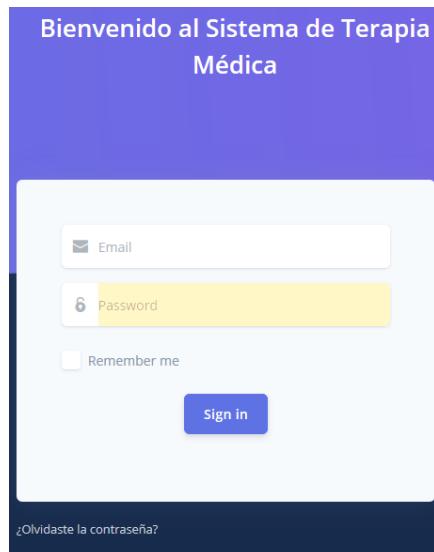
S4: Pulsador Parar

- Una vez energizado el equipo de electroestimulación el paciente puede escoger la sesión que deseé mediante los pulsadores ubicados en la parte superior derecha y controlar el nivel de tensión, frecuencia de estimulación.
- El Display de 7 Segmentos mostrará la última sesión que fue ejecutada en el equipo de electroestimulación.
- La sesión cero “S<sub>0</sub>” es una sesión de prueba, es recomendable que esta sesión sea la primera que se ejecute, esto es porque tiene un tiempo de separación y frecuencia apropiada para evitar daños en la piel, siendo así una sesión para regular el nivel de tensión sin sufrir daño alguno mediante el potenciómetro P1 el mismo que tiene un nivel desde izquierda a derecha, siendo la izquierda el nivel mínimo de tensión y la derecha el nivel máximo de tensión.
- La sesión “S<sub>1</sub>,” S<sub>2</sub>” son las sesiones para usarlas como masaje de relajación.
- La sesión tres “S<sub>3</sub>” es la sesión controlada por IOT.
- Los electrodos para recibir la electroestimulación deben ser ubicados en las entradas E1 y E2, tal como se muestra en la figura.
- Con los pulsadores S1, S2, S3, S4 se puede ejecutar, subir, bajar, parar las sesiones de electroterapia.
- Las entradas A, B, C son entradas para comprobar la comunicación de datos entre el microcontrolador PIC18F4550 y el módulo Wi-Fi ESP8266-01, y para comprobar la comunicación de datos entre el módulo Wi-Fi ESP8266-01 y Ubidots.  
Para comprobar dicha comunicación de datos por el puerto serial se recomienda usar cualquier módulo UART. Se deja la entrada A como GND común del equipo, así el módulo UART que se requiera utilizar tengan GND común.
- Nota importante: Se aclara que cada vez que se termine de ejecutar cualquier sesión de electroterapia se resetee el equipo, esto se logra presionando una sola vez el pulsador Parar.

## Anexo 8.

### Manual Para el Fisioterapeuta

Ingresar a <http://sistherapy.epizy.com/> e ingresar las credenciales de email y password.



La aplicación web nos mostrará en la parte izquierda los ítems que podremos manejar en la aplicación web.

En la **OPCIÓN DASHBOARD**: La opción 1, nos muestra el Dashboard en el que podemos visualizar la fecha próxima de los cumpleaños de los Fisioterapeutas que estén agregados en el sistema. En esta opción se podrán agregar más Fisioterapeutas para el tratamiento de electroterapia por IOT.

Users					
ID	NOMBRE	EMAIL	CREATION DATE	TIPO	ACCIÓN
1	Anthony Chilán	anthony.chilanp@gmail.com	2020-03-19 04:22:04		<span>1</span> <span>Add user</span>
2	doc	doctor@mail.com	2020-03-19 15:12:30		<span>2</span> <span>Editar</span> <span>Editar</span>

En la opción 1, se encuentra **Add user**, en el que podremos ingresar otro Fisioterapeuta.

Aquí los datos necesarios para agregar un nuevo Fisioterapeuta

Agregar Usuario

Nombre

Email

Ci

Número de Telefono

Fecha Nacimiento

Tipo Usuario

Ciudad

Password

Guardar

En la opción 2, se encuentra **Editar**, en el cual podremos editar la información de los Fisioterapeutas ya agregados.

En la **OPCIÓN PACIENTE**: Se muestran todos los pacientes que se tienen registrados en el sistema de la aplicación web.

CI	NOMBRE	EMAIL	CREATION DATE	TELEFONO	ACCIÓN
0941418501	EMANUEL	PARRA	2020-03-27 20:48:03	000000000000	<button>EDITAR</button>
0941418507	DERECK	CARBELLLO	2020-04-02 22:47:27	042665522	<button>EDITAR</button>
3123231231	ANTHONY	PINCAY	2020-03-23 00:39:09	chil321312312	<button>EDITAR</button>

Mostrando registros del 1 al 3 de un total de 3 registros

Anterior 1 Siguiente

Con opción de **Agregar Pacientes** y **EDITAR**, en la cual en **EDITAR** podremos editar información de los pacientes ya agregados al sistema, y en la opción **Agregar Paciente** podremos agregar más pacientes al sistema.

En la **OPCIÓN CONTROL DE SESIÓN**: Se muestra la opción 1 y opción 2.

La opción 1 muestra la parte de **PACIENTES**, mostrándonos el cuadro con la información de los pacientes ya registrados en el sistema. En esta opción podremos crear sesiones de electroterapia mediante dos formas, o haciendo clic en **CREAR SESIÓN** o en **AGREGAR SESIÓN**.

CI	NOMBRE	EMAIL	APELLIDO	TIPO	ACCIÓN
3123231231	ANTHONY	PINCAY		2020-03-23 00:39:09	<button>CREAR SESIÓN</button>
0941418501	EMANUEL	PARRA		2020-03-27 20:48:03	<button>CREAR SESIÓN</button>
0941418507	DERECK	CARBELLLO		2020-04-02 22:47:27	<button>CREAR SESIÓN</button>

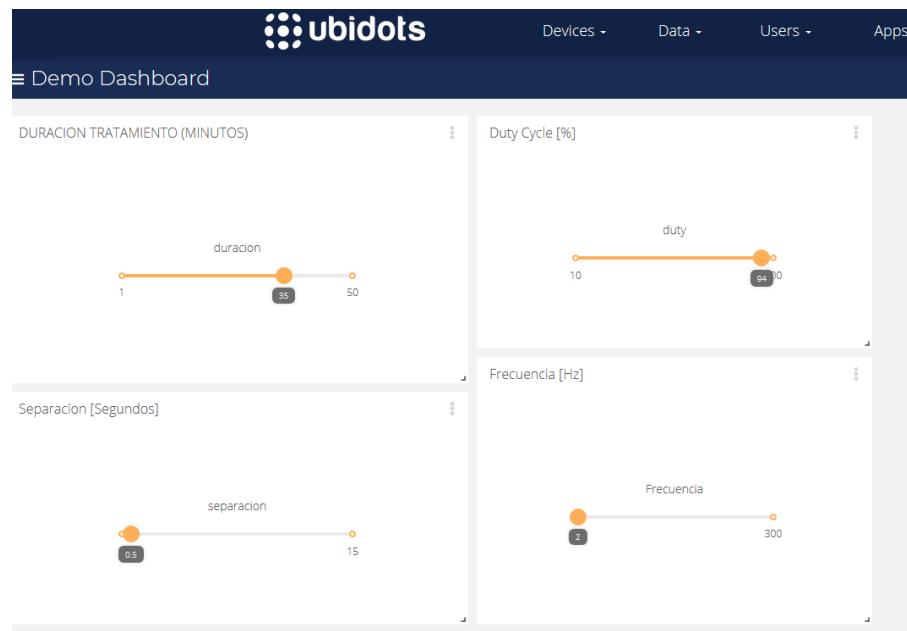
Mostrando registros del 1 al 3 de un total de 3 registros

Anterior 1 Siguiente

Al escoger **CREAR SESIÓN**, podremos crear una nueva sesión de electroterapia y agregar información que el Fisioterapeuta requiera. Aquí podremos agregar los parámetros requeridos para la electroestimulación. El cuadro **ABRIR DASHBOARD de UBIDOTS** nos redirigirá hacia la página de UBIDOTS en la cual podremos ingresar todos los parámetros según el tipo de sesión que el Fisioterapeuta requiera.

## Paciente

Sesiones				
Ingrese Paciente <input type="text" value="EMANUEL PARRA"/> Número de Sesión <input type="text" value="Ingrese aquí..."/> Ciclos de Sesión <input type="text" value="Ingrese aquí..."/> Escala del Dolor (Inicial)				
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
ABRIR DASHBOARD				
Frecuencia <input type="text" value="Ingrese aquí..."/> FRECUENCIA				
Tiempo de Separación <input type="text" value="Ingrese aquí..."/> SEPARACIÓN				
Duración del Tratamiento <input type="text" value="Ingrese aquí..."/> DURACIÓN				
Escala del Dolor (Final)				
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Observación <input type="text" value="Ingrese Observaciones"/>				



La opción 2 muestra la parte de **Sesiones**, entregando información de las sesiones por pacientes ya realizadas, eso es entrega un historial de sesiones al Fisioterapeuta.

## Paciente

Pacientes	Sesiones				
<b>Pacientes</b> <div style="float: right;"><a href="#">Agregar Sesión</a></div>					
Mostrar <select>10</select> registros <input type="text" value="Buscar:"/>					
CI	NOMBRE	APELLIDO	EMAIL	SESIONES	ACCIÓN
3123231231	ANTHONY	PINCAY		17	<a href="#">VER SESIONES</a>
0941418501	EMANUEL	PARRA		2	<a href="#">VER SESIONES</a>
0941418507	DERECK	CARBELLLO		3	<a href="#">VER SESIONES</a>

Mostrando registros del 1 al 3 de un total de 3 registros [Anterior](#) [1](#) [Siguiente](#)

Al escoger **VER SESIONES**, nos mostrará el historial por fecha por paciente indicando todos los datos que se ingresaron en **CREAR SESIÓN**.

## Paciente

### Sesiones

SESIÓN CREADA EL 2020-04-02 17:51:51

Aquí se muestran todas las sesiones que el paciente recibió, ordenadas por fecha y hora en las que se realizaron.

NOTA IMPORTANTE: Se debe tener las credenciales para entrar al sistema web creado y las credenciales de UBIDOTS.

Tener en cuenta el tiempo de uso gratis de ambas plataformas.

## Bibliografía

- Blázquez, L. (2018). *Patentes Curiosas - Museo Virtual Oficina Española de Patentes y Marcas.* Recuperado de [http://historico.oepm.es/museovirtual/galerias\\_tematicas.php?tipo=CURIOSAS&xml=Patente%20n%C2%BA%2010475](http://historico.oepm.es/museovirtual/galerias_tematicas.php?tipo=CURIOSAS&xml=Patente%20n%C2%BA%2010475)
- Deloitte (2020) IoT – Internet Of Things. Recuperado de <https://www2.deloitte.com/es/es/pages/technology/articles/IoT-internet-of-things.html>
- Dunn, E. (2020). Electroterapia. Medicina de Rehabilitación. Recuperado de <http://www.sld.cu/sitios/rehabilitacion/temas.php?idv=823>
- Estrada, R. (2017). Optoacoplador, qué es y cómo funciona. Recuperado de <https://hetpro-store.com/TUTORIALES/optoacoplador/>
- Gross, M. (16 de septiembre de 2010). Obtenido de <http://manuelgross.bligoo.com/conozca-3-tipos-de-investigación-descriptiva-exploratoria-y-explicativa>
- Hernández, I. M. (2014). Metodología de la Investigación. Obtenido de <https://sites.google.com/site/51300008metodologia/caracteristicas-cualitativa-cuantitativa>
- Kemmler, Wolfgang & Bebenek, Michael & Engelke, Klaus & Stengel, Simon. (2013). *Impact of whole-body electromyostimulation on body composition in elderly women at risk for sarcopenia: The Training and ElectroStimulation Trial (TEST-III).* Age (Dordrecht, Netherlands). 36. 10.1007/s11357-013-9575-2.
- Medical Assistant (2017). Mialgias: ¿Ques son, cuales son las causas y como prevenirlas? Recuperado de <https://ma.com.pe/mialgias-que-son-cuales-son-las-causas-y-como-prevenirlas>
- Miguélez, F., Liaño, R. y López, R. (2001). Sobre peces eléctricos y algunos avances científicos. En *Revista Española de Física*, 15(4), 53-57. Recuperado de [https://www.udc.es/iuem/documentos/monografias/peces\\_electricos](https://www.udc.es/iuem/documentos/monografias/peces_electricos)
- Mitsuho, I. (2018). Página web. *Diferencia entre investigación cualitativa y cuantitativa.* Obtenido de <http://www.cscd.osaka-u.ac.jp/user/rosaldo/150321Qapr.html>

- Page MJ, Green S, McBain B, Surace SJ, Deitch J, Lyttle N, et al. (2016). Terapia manual y ejercicio para la enfermedad del manguito de los rotadores. Recuperado de [https://www.cochrane.org/es/CD012224/MUSKEL\\_terapia-manual-y-ejercicio-para-la-enfermedad-del-manguito-de-los-rotadores](https://www.cochrane.org/es/CD012224/MUSKEL_terapia-manual-y-ejercicio-para-la-enfermedad-del-manguito-de-los-rotadores)
- Palacios, R. M. (2006). Investigación cuantitativa y cualitativa. Obtenido de <http://www.oportunidades.gob.mx/Portal/work/sites/Web/resources/ArchivoContent/1351/Investigacion%20cualitativa%20y%20cuantitativa.pdf>
- Regueiro A, Romanos Z. (2003). Electro-estimulador para acupuntura. Umbral científico. Bogotá, Colombia. Recuperado de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=304/30400204>
- Rodriguez, J. (2019). *Electroterapia en fisioterapia. Corrientes más utilizadas en electroterapia*. Bogotá D. C, Colombia: Editorial Médica Panamericana.
- Rouse, M. (2018). Techtarget Network. Obtenido de <https://searchsoftwarequality.techtarget.com>
- Sabadias, A. V. 2008. Estadística descriptiva e inferencial. Universidad de Castilla-La Mancha.
- Silva, F. Asociación de Software Libre del Ecuador. (17 de Julio de 2015). *Decreto 1014: Software Libre [Internet]*. Ecuador; 2008 p. 2. Obtenido de <http://www.administracionpublica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/06/DecretoEjecutivo1014.pdf>
- Terapia física. (2017). Corriente Galvánica. Terapia física en electroterapia. Recuperado de <http://www.terapia-fisica.com/corriente-galvanica>
- Terapia-Fisica.com (2020) Todo sobre fisioterapia: ejercicio y rehabilitación, prevención de enfermedades, masajes, tipos de terapias y tratamientos. Recuperado de <https://www.terapia-fisica.com/electroterapia/>
- Urbano, G. (2018). La electroterapia y sus funciones en la rehabilitación. Recuperado de <https://www.deustosalud.com/blog/rehabilitacion-quiromasaje/electroterapia-sus-funciones-rehabilitacion>
- Verle, M, (2009). PIC Microcontrollers - Programming in C: *Introducción al mundo de los microcontroladores*. ISBN-13: 978-8684417178: MikroElektronika.