



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y  
TELECOMUNICACIONES**

**CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA, REDES Y  
COMUNICACIÓN DE DATOS**

**TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE INGENIERO ELECTRÓNICO, REDES Y COMUNICACIÓN  
DE DATOS**

**TEMA: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO  
ELECTRÓNICO MÓVIL PORTÁTIL PARA MEDIR LA RADIACIÓN  
ULTRAVIOLETA**

**AUTOR: RODRÍGUEZ PINTO, DIEGO FERNANDO  
DIRECTOR: ING. GORDILLO ORQUERA, RODOLFO XAVIER**

**SANGOLQUÍ**

**2020**



# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES  
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA, REDES Y COMUNICACIÓN DE DATOS

## CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, “**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO ELECTRÓNICO MÓVIL PORTÁTIL PARA MEDIR LA RADIACIÓN ULTRAVIOLETA**” fue realizado por el señor Rodríguez Pinto, Diego Fernando el mismo que ha sido revisado en su totalidad, analizado por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Sangolquí, 13 de enero de 2020

Firma

Rodolfo Xavier Gordillo Orquera

C.C.: 1001510203



**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y  
TELECOMUNICACIONES**

**CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA, REDES Y COMUNICACIÓN DE  
DATOS**

**AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD**

Yo, *Rodríguez Pinto, Diego Fernando*, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: *“Diseño e implementación de un prototipo electrónico móvil portátil para medir la radiación ultravioleta”* es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Consecuentemente el contenido de la investigación mencionada es veraz.

**Sangolquí, 13 de enero de 2020**

Firma  
  
Diego Fernando Rodríguez Pinto

C.C.: 1804493920



# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y  
TELECOMUNICACIONES**

**CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA, REDES Y COMUNICACIÓN DE  
DATOS**

## **AUTORIZACIÓN**

Yo, *Rodríguez Pinto, Diego Fernando* autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: *“Diseño e implementación de un prototipo electrónico móvil portátil para medir la radiación ultravioleta”* en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

**Sangolquí, 13 de enero de 2020**

Firma

Diego Fernando Rodríguez Pinto

C.C.: 1804493920

## DEDICATORIA

*A mis padres Byron y Matilde, quienes con su amor y apoyo incondicional me apoyaron para no rendirme y seguir adelante siendo así el pilar fundamental para alcanzar esta meta.*

*A mi hermana Adriana mi mejor amiga y mi cómplice de desvelos, quien a estado brindándome su apoyo durante el desarrollo de este proyecto, a lo largo de mi carrera universitaria y en el día a día.*

*A mi preciosa, sin ella nada de esto pudo ser posible, gracias por motivarme a cumplir este sueño que parecía inalcanzable.*

*Diego Fernando Rodríguez Pinto*

## **AGRADECIMIENTO**

A mis padres, gracias a su apoyo, confianza y esfuerzo he podido culminar esta meta, por darme la mejor educación y no dejar que me rinda en ningún momento, gracias por ser mi mayor inspiración para formarme como persona y como profesional, gracias por darme ese ejemplo de lucha, y por sobre todo gracias por su amor incondicional que siempre me han estado brindando sin esperar nada a cambio.

A mi hermana Adriana, gracias por ser mi cómplice de juegos de desvelos por su ayuda para la realización de esta meta.

A mis amigos, que me supieron apoyar para continuar peleando por este logro, con los que compartí muchas alegrías y desvelos.

De manera muy especial al Ing. Rodolfo Gordillo, por ayudarme a rescatar mi proyecto cuando parecía perdido, por el tiempo que invirtió y por su paciencia.

Al Dr. Nikolai Espinosa por estar siempre presto a ayudar, por haberme guiado hacia la culminación de mis estudios académicos y por todo el tiempo compartido.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN.....	ii
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD .....	iii
AUTORIZACIÓN.....	iv
DEDICATORIA .....	v
AGRADECIMIENTO .....	vi
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	vii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xiii
RESUMEN .....	xv
ABSTRACT .....	xvi
CAPÍTULO 1 .....	1
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Justificación e Importancia.....	3
1.3. Alcance del Proyecto .....	4
1.4. Objetivos.....	4
1.4.1. General.....	4
1.4.2. Específico .....	4
CAPÍTULO 2 .....	6
2. FUNDAMENTO TEÓRICO.....	6
2.1. Radiación Electromagnética.....	6

2.1.1. Características de ondas electromagnéticas .....	6
2.1.2. Espectro Electromagnético .....	6
2.2. Radiación Ultravioleta .....	7
2.2.1. Factores que Afectan la Intensidad de Radiación UV .....	8
2.2.2. Índice Ultravioleta .....	9
2.3. Efectos Biológicos de la Radiación Ultravioleta .....	11
2.3.1. Efectos en la piel.....	11
2.3.1.1. Eritema o Quemadura Solar .....	12
2.3.1.2. Fotosensibilización.....	12
2.3.1.3. Envejecimiento de la piel .....	13
2.3.1.4. Cáncer de piel.....	13
2.3.1.4.1. Cáncer de Piel no Melanomas .....	14
2.3.1.4.2. Cáncer de Piel Melanoma .....	14
2.3.2. Efectos en los ojos .....	14
2.3.2.1. Fotoqueratitis y Fotoconjuntivitis .....	15
2.3.2.2. Efectos Crónicos .....	15
2.3.3. Efectos en el sistema inmunológico .....	15
2.4. Formas de Protección contra la radiación UV .....	16
2.4.1. Tiempo máximo de exposición al sol .....	16
2.4.2. Crema con filtro solar .....	17
2.4.3. Filtros solares.....	18
2.4.4. Gafas o anteojos.....	19
2.4.5. Medidas preventivas de acuerdo con el Índice UV .....	19



2.5. Medición de Radiación UV en Ecuador .....	20
CAPÍTULO 3 .....	24
3. SELECCIÓN DE DISPOSITIVOS, PROGRAMACIÓN E IMPLEMENTACIÓN ....	24
3.1. Planteamiento del escenario .....	24
3.2. Estructura del sistema .....	24
3.3. Selección de dispositivos .....	25
3.3.1. Alternativas de diseño y evaluación .....	25
3.3.1.1. Sensor de Radiación UV .....	25
3.3.1.2. Tarjeta Electrónica .....	28
3.3.1.3. Pantalla .....	31
3.3.1.4. Fococeldas.....	33
3.3.1.5. Batería .....	36
3.3.1.6. Bluetooth .....	39
3.4. Diagrama de bloques de la manilla.....	42
3.5. Sensor de radiación UV .....	42
3.5.1. Pruebas de Funcionamiento .....	44
3.5.1.1. Exactitud.....	44
3.5.1.2. Precisión .....	45
3.6. Descripción del escenario .....	46
3.7. Diagrama de flujo de programa en Arduino .....	48
3.8. Descripción del programa en Android.....	50
3.8.1. Pantalla Inicial .....	50
3.8.2. Vinculación a Dispositivo Bluetooth.....	52

3.8.3. Menú Deslizante .....	53
3.8.3.1. Presentación de todas las Incidencias.....	54
3.8.3.2. Presentación de Incidencias en Gráficos .....	55
3.8.3.3. Presentación de Incidencias en Mapas .....	56
3.8.4. Alertas Gráficas .....	57
3.8.5. Diagrama de flujo de programa Android.....	60
CAPÍTULO 4 .....	61
4. RESULTADOS Y ANÁLISIS .....	61
4.1. Evaluación de la manilla.....	61
4.1.1. Analisis de resultados de sensor de radiación UV .....	61
4.1.2. Análisis de Residuos.....	63
4.1.3. Conexión Bluetooth .....	63
4.1.4. Tiempo de descarga de la batería de la manilla .....	64
4.2. Evaluación de la Aplicación .....	65
4.2.1. Tráfico de datos al servidor web.....	66
4.2.2. Consumo de recursos del Smartphone.....	67
CAPÍTULO 5 .....	70
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	70
5.1. Conclusiones.....	70
5.2. Recomendaciones .....	71
REFERENCIAS .....	73

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Clasificación de tipos de piel.....	12
<b>Tabla 2</b> SPF recomendado para diferentes valores de índice UV y tipos de piel.....	18
<b>Tabla 3</b> Grado de protección ocular según norma 89/686/CEE .....	19
<b>Tabla 4</b> Medidas Preventivas a adoptar según el índice Ultravioleta.....	19
<b>Tabla 5</b> Alternativas de sensores de radiación UV.....	26
<b>Tabla 6</b> Ponderación de los criterios de evaluación para el sensor de radiación UV .....	27
<b>Tabla 7</b> Ponderación para criterio de tamaño - Sensor de radiación UV.....	27
<b>Tabla 8</b> Ponderación para criterio de longitud de onda - Sensor de radiación UV .....	27
<b>Tabla 9</b> Ponderación para criterio de voltaje - Sensor de radiación UV .....	28
<b>Tabla 10</b> Pesos específicos de criterios de selección - Sensor de radiación UV .....	28
<b>Tabla 11</b> Alternativas de tarjetas electrónicas .....	28
<b>Tabla 12</b> Ponderación de los criterios de evaluación para la tarjeta electrónica .....	29
<b>Tabla 13</b> Ponderación para criterio de tamaño - Microcontrolador.....	30
<b>Tabla 14</b> Ponderación para criterio de consumo energético - Microcontrolador .....	30
<b>Tabla 15</b> Ponderación para criterio de voltaje - Microcontrolador.....	30
<b>Tabla 16</b> Pesos específicos de criterios de selección – Sensor de radiación UV .....	30
<b>Tabla 17</b> Alternativas de pantalla .....	31
<b>Tabla 18</b> Ponderación de los criterios de evaluación para la pantalla .....	32
<b>Tabla 19</b> Ponderación para criterio de Tamaño - Pantalla.....	32
<b>Tabla 20</b> Ponderación para criterio de consumo energético - Pantalla.....	32
<b>Tabla 21</b> Ponderación para criterio de Resolución - Pantalla.....	33

<b>Tabla 22</b> Pesos específicos de criterios de selección – Pantalla.....	33
<b>Tabla 23</b> Alternativas de fotoceldas .....	33
<b>Tabla 24</b> Ponderación de los criterios de evaluación para las fotoceldas.....	34
<b>Tabla 25</b> Ponderación para criterio de potencia - Fotoceldas.....	35
<b>Tabla 26</b> Ponderación para criterio de tamaño - Fotoceldas.....	35
<b>Tabla 27</b> Ponderación para criterio de Costo - Fotoceldas .....	35
<b>Tabla 28</b> Pesos específicos de criterios de selección – Fotoceldas .....	35
<b>Tabla 29</b> Alternativas de baterías .....	36
<b>Tabla 30</b> Ponderaciones de los criterios de evaluación para la alimentación energética. ....	37
<b>Tabla 31</b> Tamaño para alimentación energética (ponderación).....	37
<b>Tabla 32</b> Recarga para alimentación energética (ponderación).....	37
<b>Tabla 33</b> Ponderación del voltaje para la alimentación energética.....	37
<b>Tabla 34</b> Resultados para la alimentación energética.....	38
<b>Tabla 35</b> Características de Módulo de carga de Batería .....	38
<b>Tabla 36</b> Alternativas de Bluetooth .....	39
<b>Tabla 37</b> Ponderaciones de los criterios de evaluación para la alimentación energética. ....	40
<b>Tabla 38</b> Alcance para el módulo bluetooth (ponderación).....	40
<b>Tabla 39</b> Voltaje para alimentación del módulo bluetooth (ponderación) .....	40
<b>Tabla 40</b> Tamaño del módulo bluetooth (ponderación) .....	41
<b>Tabla 41</b> Resultados para la alimentación energética.....	41
<b>Tabla 42</b> Error Porcentual en la prueba de exactitud.....	44
<b>Tabla 43</b> Error Porcentual en la prueba de precisión.....	45
<b>Tabla 44</b> Datos estadísticos descriptivos .....	62

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Espectro Electromagnético Fuente. (Cabrerizo, 2008) .....	7
<b>Figura 2</b> Categorías de Exposición a la radiación UV. Fuente. (Organización Mundial de la Salud, 2003) .....	10
<b>Figura 3</b> Ejemplos de medicamentos fotosensibilizantes Fuente. (Cordero, 2008) .....	13
<b>Figura 4</b> Tiempo de exposición máximo para tipos de pieles I, II, III y IV calculado para días despejados Fuente. (Instituto Nacional de Meteorología, 2001) .....	17
<b>Figura 5</b> Pulsera indicadora de radiación UV Fuente (Versatis, 2018).....	21
<b>Figura 6</b> Smart UV Checker Fuente (FTLab, 2018).....	22
<b>Figura 7</b> Manilla medidora de radiación UV Fuente (Sinc, 2018) .....	22
<b>Figura 8</b> Medidor de mano de Radiación UV Fuente (Ponpe, 2018).....	23
<b>Figura 9</b> Pulsera Smartsun Fuente (SmartSun, 2018) .....	23
<b>Figura 10</b> Diagrama de bloques de la estructura del sistema .....	24
<b>Figura 11</b> Módulo de carga de Batería Fuente. (NanJing, 2017) .....	38
<b>Figura 12</b> Diagrama de bloques de la manilla .....	42
<b>Figura 13</b> Curva de calibración del sensor UV .....	42
<b>Figura 14</b> Sensor de radiación UV .....	43
<b>Figura 15</b> Comparación de los datos de exactitud.....	45
<b>Figura 16</b> Comparación de los datos de precisión.....	46
<b>Figura 17</b> Diagrama de flujo de programa de Arduino .....	49
<b>Figura 18</b> Vista de los datos actuales .....	50
<b>Figura 19</b> Listado de dispositivos Bluetooth .....	52

<b>Figura 20</b> Vista del menú desplegable.....	54
<b>Figura 21</b> Vista de presentación de todas las incidencias.....	55
<b>Figura 22</b> Vista de gráficas generadas.....	56
<b>Figura 23</b> Ubicaciones donde se han presentado incidencias.....	57
<b>Figura 24</b> Alerta de índice UV alto .....	58
<b>Figura 25</b> Alerta índice UV muy alto .....	59
<b>Figura 26</b> Diagrama de Flujo de aplicación .....	60
<b>Figura 27</b> Comparación datos de índice UV. ....	62
<b>Figura 28</b> Histograma de errores .....	63
<b>Figura 29</b> Análisis de la comunicación Bluetooth.....	64
<b>Figura 30</b> Curva de descarga de batería de litio .....	65
<b>Figura 31</b> Captura de paquetes en Wireshark.....	66
<b>Figura 32</b> Resultados de ICMP.....	67
<b>Figura 33</b> Memoria caché de la aplicación móvil .....	67
<b>Figura 34</b> Uso de memoria de la aplicación móvil.....	68
<b>Figura 35</b> Consumo de batería.....	68
<b>Figura 36</b> Uso de datos de la aplicación.....	69

## **RESUMEN**

Debido a la localización y a la geografía de nuestro país todos los habitantes estamos expuestos excesivamente a la radiación ultravioleta (UV) procedente de la luz solar. La sobreexposición a esta radiación se asocia directamente con el desarrollo del cáncer de piel, especialmente de tumores no-melanoma. Existen algunas agencias gubernamentales que informan sobre el índice UV, aunque esta información no está disponible constantemente y está restringida para sitios específicos de grandes ciudades. En tal virtud se implementó en el presente trabajo un sistema portátil capaz de medir el índice UV incidente en tiempo real, que alerte al usuario sobre posibles incidencias peligrosas para la salud de la piel y de los ojos. Para la detección del índice UV se usaron sensores de longitud de onda, que brindan información a una placa Arduino Mini Pro, la cual procesa los datos adquiridos, los convierte en índice UV, los muestra en pantalla y los envía mediante el protocolo Bluetooth hacia una aplicación móvil, la misma que posteriormente envía la información hacia un servidor Web para su almacenamiento. Todos los datos almacenados en el servidor pueden ser observados en la aplicación móvil a través de gráficas estadísticas. Los datos se compararon con los valores obtenidos de la Secretaría del Ambiente de Quito ubicada en el parque Itchimbia, y se ha determinado la fiabilidad de los valores cuando las condiciones meteorológicas son comparables.

### **Palabras claves**

- **RADIACIÓN ULTRAVIOLETA**
- **ÍNDICE UV**
- **ANDROID**
- **BLUETOOTH**

## **ABSTRACT**

Due to the location and geography of our country, the inhabitants are exposed to ultraviolet radiation from the sunlight. Overexposure to this radiation is directly related to the development of skin cancer, especially non-melanoma tumors. There are some government agencies that provide information about the UV index, even though this information is not constantly available and is restricted to specific sites in large cities. In this research project is implemented a portable system capable of measure the incident UV index in real time, alerting the user about possible dangerous incidences for the health of the skin and eyes. For the UV index detection, it was used wavelength sensors, which provide information to an Arduino Mini Pro board, this board process the acquired data, convert to UV index, show them on the screen and send them to a mobile application using the protocol Bluetooth, the application later sends the information to a Web server for storage. All the data stored in the server can be observed in the mobile application through statistical graphs. The data was compared with the values obtained from the Ministry of the Environment of Quito located in the Itchimbia park, and a good correlation between both values has been obtained when the weather conditions are comparable.

### **Keywords:**

- **ULTRAVIOLET RADIATION**
- **UV INDEX**
- **ANDROID**
- **BLUETOOTH**



## CAPÍTULO 1

### 1. INTRODUCCIÓN

#### 1.1. Antecedentes

En el transcurso del día todas las personas se encuentran expuestas a la radiación ultravioleta (UV) procedente del sol, además de fuentes artificiales como de camas y lámparas bronceadoras. La radiación UV abarca el intervalo de longitud de onda de 100 a 400 nm, debajo del rango de luz visible del espectro electromagnético, y se subdivide en componentes comúnmente denominados UVA (ultravioleta A ‘onda larga’), UVB (ultravioleta B ‘onda media’) y UVC (ultravioleta C ‘onda corta’). La UVC de 100 a 280 nm, la UVB de 280 a 315 nm y la UVA de 315 a 400 nm. “Cuando la luz solar atraviesa la atmósfera, el ozono, el vapor de agua, el oxígeno y el dióxido de carbono absorben toda la radiación UVC y aproximadamente el 90% de la radiación UVB”. (Organización Mundial de la Salud, 2003; Organización Mundial de la Salud, 2016; Organización Mundial de la Salud, 2016)

La radiación UV que llega a la superficie terrestre esta compuesta de rayos UVA en su mayoría y una pequeña cantidad de rayos UVB. Teniendo en cuenta que los rayos UVA y UVB constituyen sólo una pequeña porción de los rayos solares, estos son la causa principal de los efectos dañinos del sol en la piel. (American Cancer Society, 2017)

La potencia de la radiación UV depende de varios factores como: altura del sol, latitud, nubosidad, altitud, ozono, reflejo de superficies.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha estandarizado el índice de luz ultravioleta (IUV) para lograr entender cuán intensa es la radiación ultravioleta en una escala del 1 al 11+, los

valores del índice se dividen en las siguientes categorías: bajo cuando IUV  $< 2$ , moderado cuando IUV 3 – 5, alto cuando IUV 6 – 7, muy alto cuando IUV 8 - 10 y extremadamente alto cuando IUV  $> 11+$ . (Organización Mundial de la Salud, 2003)

Nuestro entorno es zona de alto riesgo para contraer cáncer de piel debido a que recibe una mayor intensidad de radiación UV debido a dos factores: el primero es la ubicación geográfica, ya que se encuentra cerca de la línea ecuatorial donde la intensidad aumenta considerablemente; y el segundo factor es la altitud, ya que con cada 1000 metros de aumento de altitud, la intensidad de la radiación UV aumenta en un 10 a 12%. (Organización Mundial de la Salud, 2003)

La Secretaría de Ambiente del Municipio del Distrito Metropolitano de Quito ha adquirido tres dispositivos “solmáforos”, ubicados en en los parques Bicentenario, Itchimbía y Las Cuadras, capaces de medir la radiación UV y alertar a los transeuntes sobre el índice UV incidente, además, a través de su página web se pueden visualizar los valores de las incidencias. La Secretaría Metropolitana de Ambiente asegura que estos dispositivos se encuentran calibrados de acuerdo a los estándares de la Organización Mundial de la Salud.

La principal desventaja de estos dispositivos es que se encuentran instalados muy dispersos entre ellos y no muestran la información ambiental a la que se encuentra expuesta una persona a lo largo de su día, además, la mayoría de la población desconoce de estos dispositivos de prevención, de la información que brindan y de cómo acceder a esta información.

Existen también dispositivos portátiles que miden la radiación UV pero estos son muy costosos, para lo cual se propone implementarse una manilla capaz de medir la radiación UV incidente al usuario en todo momento, capaz de mostrar alertas sonoras (mediante el Smartphone) y vibratorias (mediante la manilla) cada vez que la salud del usuario pueda ser perjudicada.

## **1.2. Justificación e Importancia**

La exposición prolongada a la radiación UV es uno de los principales detonantes de los cánceres de piel. Este cáncer se originan las células de la piel y existen tres tipos principales que son: Cánceres de piel de células basales (carcinomas de células basales), Cánceres de piel de células escamosas (carcinomas de células escamosas), Melanomas. (American Cancer Society, 2017)

En tiempos pequeños de exposición “las radiaciones ultravioleta son beneficiosas para la salud y desempeñan una función esencial en la producción de vitamina D. Sin embargo, la exposición excesiva a ellas se relaciona con diferentes tipos de cáncer cutáneo, quemaduras de sol, envejecimiento acelerado de la piel, cataratas y otras enfermedades oculares”. (Organización Mundial de la Salud, 2016)

Por lo que se ve necesario la medición en tiempo real de la intensidad de radiación UV a la cual se está expuesto a lo largo del día, y la creación de un sistema de alarmas para alertar a una persona cuando la cantidad de radiación se encuentra sobre los límites permitidos, y de esta manera permitir que el usuario pueda evitar las exposiciones o sitios con altos niveles de radiación o a su vez utilice algún método para protegerse y de esta forma precautelar la salud de la piel.

Estadísticamente los casos reportados en el Ecuador de tumores malignos de la piel han aumentado desde el 2005, en donde los casos reportados de tumores malignos a la piel en mujeres era del 15,2% y en hombres del 18,7% hasta el 2013 en donde los casos reportados en mujeres llego a 37,5% y 40,7% en hombres de acuerdo a la Sociedad de Lucha Contra el Cáncer del Ecuador (SOLCA) (SOLCA Quito, 2017)

### **1.3. Alcance del Proyecto**

El presente proyecto tiene como propósito obtener datos confiables de la radiación ultravioleta a la que estamos expuestos diariamente las personas y con los mismos mantener un control de radiación UV diaria. Para de esta forma generar conciencia en la población de los efectos agudos como crónicos que puede generar en la piel el estar expuestos a elevadas transmisiones de radiaciones UV, generando una alerta que nos indica que los rayos UV o el tiempo de exposición recibido están sobrepasando los niveles recomendados.

El proyecto también busca utilizar e innovar la perspectiva de la tecnología utilizándola no solo para fines económicos sino también para fines sociales como en este caso ayudar a la salud de la piel en las personas.

Al ejecutarse el proyecto, se pretende ayudar a evitar daños severos en la piel generando alarmas (visuales y vibratorias) que indiquen en que momento la persona ha superado la cantidad de radiación permitida y tome acciones para evitar la exposición o busque algún método para protegerse.

### **1.4. Objetivos**

#### **1.4.1. General**

Diseñar e implementar un prototipo electrónico móvil portátil para medir la radiación ultravioleta que incide sobre una persona.

#### **1.4.2. Específico**

- Analizar, evaluar y seleccionar los elementos necesarios para la implementación del prototipo.

- Diseñar e implementar el hardware de adquisición del nivel de radiación ultravioleta para medir la intensidad de rayos UVA y UVB en un dispositivo portátil (manilla), inalámbrico y de autoconsumo fotovoltaico.
- Desarrollar una aplicación móvil que permita recibir datos vía Bluetooth desde la manilla y visualizar los niveles de radiación recibidos por el usuario en un gráfico histórico diario y mensual.
- Validar los datos adquiridos en el prototipo desarrollado utilizando equipos especializados para contraste de resultados.

## CAPÍTULO 2

### 2. FUNDAMENTO TEÓRICO

En el presente capítulo se explica qué es la radiación ultravioleta, los efectos adversos que tiene en la salud de las personas y formas de protección y prevención que existen en nuestro país.

#### 2.1. Radiación Electromagnética

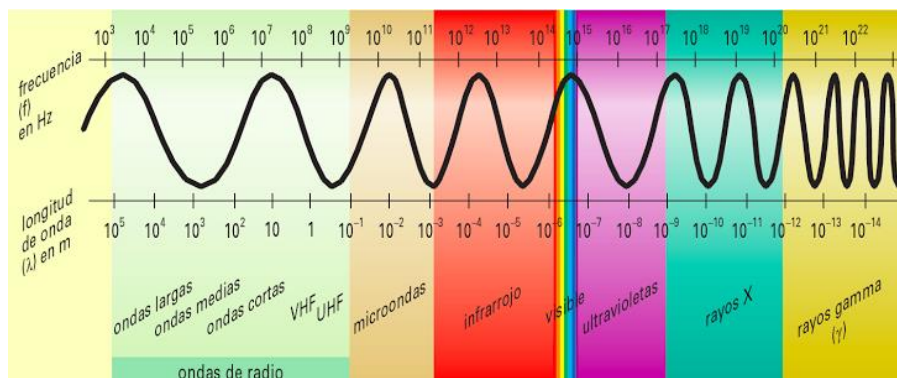
La radiación electromagnética es una forma de energía que se propaga a través de ondas en el espacio vacío a la velocidad de la luz. Estas ondas están compuestas de un campo eléctrico y un campo magnético perpendiculares entre sí.

##### 2.1.1. Características de ondas electromagnéticas

- **Longitud de Onda:** También representada con lambda ( $\lambda$ ), representa la distancia entre dos puntos de la onda equivalentes después de haber transcurrido un ciclo completo, por ejemplo, la distancia entre dos valles o crestas consecutivos. Es expresada con unidades de longitud.
- **Frecuencia:** Es el número de ciclos que transcurren en una unidad de tiempo. Es expresada con hercios (Hz).
- **Amplitud:** Es la mayor distancia que existe entre la cresta o valle y el origen de la onda.  
(Lucas Hernández, 2002)

##### 2.1.2. Espectro Electromagnético

El espectro electromagnético es el conjunto de todas las radiaciones electromagnéticas que transportan energía de un lugar a otro del universo. Para comprender que es el espectro electromagnético se muestra en la Figura 1 las diferentes zonas en las que está dividido.



**Figura 1** Espectro Electromagnético  
Fuente. (Cabrerizo, 2008)

## 2.2. Radiación Ultravioleta

La radiación ultravioleta (UV) es el conjunto de radiaciones del espectro electromagnético con frecuencias un poco mayores que la luz visible, lo que implica que este tipo de radiación sea más energética que la luz visible.

La radiación solar está compuesta por radiación ultravioleta (100 a 400 nanómetros), radiación visible (400 a 700 nanómetros) e infrarrojo y microondas (700 a 1800 nanómetros) (Aguilera, 2011). La zona del espectro electromagnético que abarca la radiación UV está dividida en tres bandas:

- UV-A: Banda de los 320 a 400 nm. No es absorbida por la capa de ozono y es la responsable de producir envejecimiento en las células epiteliales.
- UV-B: Banda de los 280 a 320 nm. Es absorbida casi totalmente por la capa de ozono y produce alteraciones en el ADN y quemaduras en las células epiteliales que pueden derivar en melanomas u otros tipos de cáncer de piel.

- **UV-C:** Banda de los 280 a 100 nm. Es completamente absorbida por la capa de ozono y el oxígeno molecular ( $O_2$ ) presente en la atmósfera, es extremadamente peligrosa debido a su alta concentración energética. (Amestoy, 2013)

Después de que la radiación UV procedente del sol pasa por las capas atmosféricas, el ozono, vapor de agua, dióxido de carbono y oxígeno absorben hasta el 99% de las radiaciones comprendidas entre 150 y 300 nm. (Amestoy, 2013) Con lo que el total de la radiación UV que alcanza la superficie terrestre en un día de verano corresponde en un 5% a la radiación UV-B y el 95% a la radiación UV-A. (Diffey, 1998)

### **2.2.1. Factores que Afectan la Intensidad de Radiación UV**

- **Altura del Sol:** Mientras el sol se encuentra más cerca de su cénit más intensa es la radiación UV que incide sobre la superficie terrestre, debido a que los rayos solares inciden más perpendicularmente sobre la superficie terrestre atravesando un menor espesor de atmósfera, y así menos radiación es absorbida en la atmósfera. Lo que ocasiona que entre las 12 de la mañana y las 2 de la tarde (dependiendo de la época del año) se emita el 60% de la radiación UV diaria. (Organización Mundial de la Salud, 2003)
- **Latitud:** Debido a la perpendicularidad de los rayos solares mientras más cerca del ecuador terrestre, más intensa es la radiación UV. (Organización Mundial de la Salud, 2003)
- **Nubosidad:** Las nubes generalmente reducen la cantidad de radiación UV que llega a la superficie terrestre, pero la atenuación depende del tipo, grosor y ubicación de éstas. En ciertas condiciones las nubes pueden aumentar la cantidad de radiación, ya que la



dispersión puede producir el mismo efecto que la reflexión por diferentes superficies. (Virgilio Carreño, 2002)

- **Altitud:** La atmósfera es más delgada y absorbe menos radiación UV mientras la altitud sea mayor, la radiación aumenta aproximadamente un 12% con cada 1000 metros de incremento de altitud. (Organización Mundial de la Salud, 2003)
- **Ozono:** El ozono en la atmósfera absorbe totalmente la radiación UV-C y la mayor parte de la radiación UV-B en la estratosfera. La concentración de ozono varía a lo largo del año e incluso del día. (Organización Mundial de la Salud, 2003)
- **Reflexión por el suelo:** De acuerdo con el tipo de superficie donde incide la radiación UV puede ser reflejada o dispersada, como ejemplos tenemos a la nieve limpia, la cual refleja hasta un 80% de los rayos UV; el césped o prado, puede reflejar solo el 10% y la espuma del agua de mar, que refleja un 25%. (Organización Mundial de la Salud, 2003)

### 2.2.2. Índice Ultravioleta

“El índice UV solar mundial (IUV) es una medida de la intensidad de la radiación UV solar en la superficie terrestre”. (Organización Mundial de la Salud, 2003) El IUV es expresado en números mayores a cero, y estos son incluidos en categorías las cuales indican la probabilidad de daños a la salud como se muestra en la figura 2.

CATEGORÍA DE EXPOSICIÓN	INTERVALO DE VALORES DEL IUV
<b>BAJA</b>	<b>&lt; 2</b>
<b>MODERADA</b>	<b>3 A 5</b>
<b>ALTA</b>	<b>6 A 7</b>
<b>MUY ALTA</b>	<b>8 A 10</b>
<b>EXTREMADAMENTE ALTA</b>	<b>11+</b>

**Figura 2** Categorías de Exposición a la radiación UV.  
Fuente. (Organización Mundial de la Salud, 2003)

El IUV fue creado para concientizar a la población de los peligros de la sobreexposición a la radiación UV, y para normalizar las distintas formas que tiene cada país de informar a sus habitantes sobre la cantidad de radiación UV a la que están expuestos.

El IUV es una medida de la radiación UV aplicable para una superficie horizontal, no tiene dimensiones y se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$I_{UV} = k_{er} * \int_{250nm}^{400nm} E_{\lambda} * S_{er}(\lambda) d\lambda \quad (1)$$

Donde:

$k_{er}$ : constante igual a  $40 \frac{m^2}{W}$ .

$E_{\lambda}$ : Irradiancia Espectral Solar en  $\frac{W}{m^2 * nm}$ .

$\lambda$ : Longitud de onda.

$S_{er}(\lambda)$ : Espectro de acción de referencia para el eritema en función de  $\lambda$ .

$d\lambda$ : diferencial de la integral. (Organización Mundial de la Salud, 2003)

La Organización Mundial de la Salud en conjunto con la Organización Meteorológica Mundial han creado una guía práctica sobre el IUV, en donde explican los riesgos que existen cuando se

sobreexponen a la radiación UV, la forma adecuada de comunicar el IUV y utilizarlo para fomentar la protección solar.

### **2.3. Efectos Biológicos de la Radiación Ultravioleta**

La radiación UV puede ocasionar, en el ser humano, daños biológicos adversos en las zonas del cuerpo que has sido sobreexpuestas sin ningún tipo de protección, afectando especialmente a la piel, ojos y el sistema inmunológico.

La radiación UV afecta principalmente a los compuestos que absorben directamente los fotones, transfiriendo su energía a los ácidos nucleicos y proteínas celulares. Estos cambios moleculares foto-inducidos generan una serie de eventos a partir de la transformación de esta foto-energía en una señal bioquímica, las subsiguientes reacciones foto-bioquímicas provocan cambios en la estructura celular dependiendo del tipo de radiación UV que afecta (González-Púmariega, Tamayo, & Sánchez-Lamar, 2009); por ejemplo, si se trata de radiación UV-A, considerada como la “radiación de envejecimiento”, produce daño estructural al ADN y al sistema inmunológico, pudiendo llevar a la formación de cáncer y foto-envejecimiento prematuro de la piel. (Trautinger, 2001) En cambio, la radiación UV-B, llamada “radiación de quemaduras”, produce la detención del ciclo celular, disminuye los niveles de antioxidantes de la piel y disminuye el sistema inmune. Es considerada la responsable de provocar cáncer en la piel de tipo escamoso. (Clydesdale, Dandie, & Muller, 2001)

#### **2.3.1. Efectos en la piel**

La aparición de efectos dañinos en la piel depende de la dosis de radiación UV recibida y del tipo de piel del individuo expuesto. En la tabla 1 se muestran los distintos tipos de piel y su

clasificación, así como la Dosis Eritémica Mínima (MED) que se define como la energía mínima necesaria para producir enrojecimiento de la piel (Wolff, Johnson, & Saavedra, 2014).

**Tabla 1**

*Clasificación de tipos de piel*

Tipo de piel	Tipo I	Tipo II	Tipo III	Tipo IV
<b>Se Broncea</b>	Nunca	A veces	Siempre	Siempre
<b>Se Quema</b>	Siempre	A veces	Rara Vez	Nunca
<b>Color de Piel</b>	Blanco Pálido	Moreno muy claro, a veces con pecas	Bronceado claro, pigmentación definida	Marrón o negro
<b>MED</b>	200 J/m <sup>2</sup>	250 J/m <sup>2</sup>	350 J/m <sup>2</sup>	450 J/m <sup>2</sup>

Fuente. (Instituto Nacional de Meteorología, 2001)

El tipo de piel, así como el tiempo de exposición y la intensidad de radiación UV, son factores importantes para la aparición de efectos cutáneos asociados a la radiación UV, los principales efectos biológicos son: Eritema, Quemadura Solar, Envejecimiento de la Piel, Cáncer de Piel Melánico y no Melánico.

#### **2.3.1.1. Eritema o Quemadura Solar**

“Es un enrojecimiento de la piel que normalmente aparece de cuatro a ocho horas después de la exposición a la RUV y desaparece gradualmente al cabo de unos días”. (Stellman, 2001)

Las quemaduras dependen del tipo de radiación UV que incide, si es ocasionado por UV-B la quemadura es más intensa y puede provocar ampollas y desprendimiento de la piel.

#### **2.3.1.2. Fotosensibilización**

Ciertos medicamentos producen efectos sensibilizantes a la radiación UV-A, que producen foto-alergias (reacción alérgica de la piel) o foto-toxicidad (irritación de la piel). Esta

fotosensibilización en la piel se produce por la aplicación de: cremas y pomadas aplicadas en la epidermis, medicamentos ingeridos vía oral o por inhaladores.

Drogas fotosensibilizantes	
● Antibióticos	● Antihistamínicos
- Sulfonamida	- Ciproheptadina
- Sulfaprim	- Difenhidramina
- Sulfatiazol	● Drogas antipsicóticas
- Tetraciclina	- Clorpromazina
- Demaclociline	- Flufenazina
- Doxiciclina	- Haloreridol
- Ácido Nalidixico	- Prometazina
● Hipoglicemiantes	- Thioridazina
- Acetohexamida	- Trimeprazina
- Tolazamida	● Citostáticos
- Tolbutamida	- Metrotexate
● Antidepresivos	- Dacarbazina
- Amitriptilina	- Fluoracilo
- Desipramina	- Vinblastina
- Imipramina	● otros
● Diuréticos	- Naproxeno
- Furosemida	- Amiodarona
- Clorotiazida	- Todas las hormonas
- Hidroclorotiazida	
- Metolazona	

**Figura 3** Ejemplos de medicamentos fotosensibilizantes

Fuente. (Cordero, 2008)

### 2.3.1.3. Envejecimiento de la piel

Es ocasionado por cambios en la estructura de la piel proveniente de la degeneración en las células que han estado sobreexpuestas a radiación UV, produciendo tejido fibroso debido a una estimulación de la división celular en la epidermis, lo cual acelera el envejecimiento de la piel, pérdida de elasticidad y alteraciones en la circulación. (Cordero, 2008)

### 2.3.1.4. Cáncer de piel

El segundo más común en el país en hombres (detrás del cáncer de próstata) y el tercero en mujeres (luego del cáncer de mama y tiroides), afortunadamente tiene una baja mortalidad, pero es el más agresivo, debido a que puede diseminarse fácilmente al resto del cuerpo. (SOLCA Quito, 2017)

Las ciudades de la Sierra tienen tasas más altas que las de la Costa, especialmente Quito, la cual tiene la tasa más alta del Ecuador y la número 19 a nivel mundial, debido a su ubicación, altura y la perpendicularidad de las radiaciones provenientes del sol.

El cáncer de piel se clasifica en dos grupos de acuerdo con sus características microscópicas: melanomas y no melanomas.

#### **2.3.1.4.1. Cáncer de Piel no Melanomas**

Este tipo de cáncer es el más frecuente, constituyendo el 90% de los tumores que afectan la piel. Se presenta generalmente en las partes del cuerpo que se exponen regularmente al sol, aunque rara vez son mortales su tratamiento es doloroso y desfigurante. (Organización Mundial de la Salud, 2003)

#### **2.3.1.4.2. Cáncer de Piel Melanoma**

Este tipo de cáncer es el principal causante de muertes relacionadas a cáncer de piel. Se presenta generalmente en poblaciones de piel clara (Tipo I) con presencia de lunares atípicos, menor tiempo de eritema y enrojecimiento de la piel prolongado. El riesgo de melanoma maligno es más alto en personas con antecedentes de cáncer de piel no melanoma que siguen exponiéndose de radiación UV o que han sufrido quemaduras solares en edades tempranas, generalmente menor a los 20 años. (Organización Mundial de la Salud, 2003)

### **2.3.2. Efectos en los ojos**

A pesar de que los ojos están protegidos dentro de las cuencas, por las cejas y pestañas, cuando existe un ambiente con intensa radiación UV especialmente radiación UV-B, como en una cama de bronceado o en una zona de mucha reflexión como la playa o montañas con nieve, las defensas naturales no son tan eficaces y es necesario un tipo de protección adicional para evitar

enfermedades muy dolorosas pero reversibles como la fotoqueratitis y fotoconjuntivitis (Organización Mundial de la Salud, 2003); aunque la repercusión de estas puede provocar cataratas que son la principal causa de ceguera en el mundo.

#### **2.3.2.1. Fotoqueratitis y Fotoconjuntivitis**

Son efectos inflamatorios agudos de la sobreexposición a la radiación UV, que aparecen pocas horas después de la exposición. Sus efectos remiten al cabo de unos días y no ocasionan daños permanentes en los ojos. (Stellman, 2001)

#### **2.3.2.2. Efectos Crónicos**

La exposición al sol de larga duración, especialmente la exposición a la radiación UV-B, puede contribuir a la formación de cataratas al envejecer; ya que este tipo de radiación es absorbida especialmente por la córnea y la conjuntiva, aumentando la opacidad del cristalino y acabando por producir ceguera. (Organización Mundial de la Salud, 2003)

Al contrario de lo que ocurre con la piel, la sobreexposición a la radiación UV en el ojo no incrementa la capacidad protectora de la córnea, debido a que el tejido corneal posee notables propiedades de recuperación y reparación. (Stellman, 2001)

#### **2.3.3. Efectos en el sistema inmunológico**

Existen pruebas de la existencia de un efecto inmunodepresor que afecta la piel, ya sea en dosis bajas, así como en agudas.

Se han realizado experimentos en animales que han probado que la radiación UV puede agravar lesiones y tumores cutáneos, además de aumentar el riesgo de infecciones (bacterianas, víricas, fúngicas o parasitarias).

Las personas tratadas con medicamentos inmunodepresores son más propensas a presentar carcinomas de células escamosas; en consecuencia, si estas tienen una exposición prolongada al sol pueden favorecer el desarrollo de tumores cutáneos (melanoma o no melanoma). (Organización Mundial de la Salud, 2003)

## **2.4. Formas de Protección contra la radiación UV**

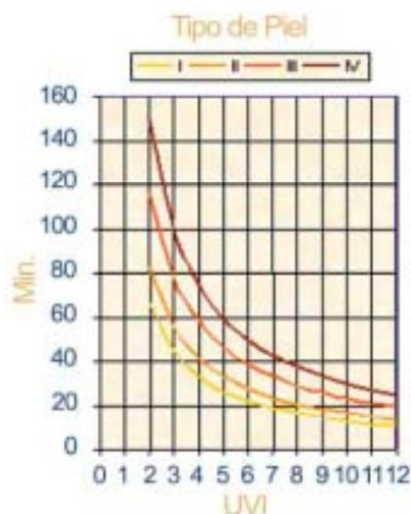
Existen algunos factores que pueden ayudarnos a protegernos de las radiaciones UV provenientes del sol, estos varían de acuerdo con nuestro tipo de piel y al índice UV que afecta la zona geográfica en la que vivimos. Estos factores se detallan a continuación.

### **2.4.1. Tiempo máximo de exposición al sol**

Este tiempo es aquel al que se puede estar expuesto al sol sin ningún tipo de protección y sin ninguna reacción epitelial. Se calcula de acuerdo con el índice UV y al valor de 1 MED para cada tipo de piel. (Instituto Nacional de Meteorología, 2001)

Hay que recalcar que el valor de 1 MED dentro de un tipo de piel puede variar de acuerdo con el individuo. En la figura se muestra un ejemplo de los tiempos para diferentes índices UV y MEDs.





**Figura 4** Tiempo de exposición máximo para tipos de pieles I, II, III y IV calculado para días despejados

Fuente. (Instituto Nacional de Meteorología, 2001)

La OMS no recomienda informar sobre tiempos máximos de exposición al sol, debido a que la población podría interpretar que existe un nivel seguro de exposición sin protección y que puede prolongarse el tiempo de exposición; ya que varios estudios han demostrado que la exposición acumulada a la radiación UV puede desencadenar en cáncer de piel.

#### 2.4.2. Crema con filtro solar

El Factor de Protección Solar (SPF) que generalmente aparece en cremas y en protectores solares nos indica el tiempo que podemos permanecer expuestos al sol sin que se presente quemaduras epiteliales en comparación al tiempo normal de exposición. Al aumentar el número de aplicaciones de la crema no se aumenta el tiempo de protección; la única forma de aumentar este tiempo es aplicando una crema con un mayor SPF. La tabla muestra el SPF recomendado para cada tipo de piel de acuerdo con el índice UV.

**Tabla 2**

*SPF recomendado para diferentes valores de índice UV y tipos de piel*

Índice UV	Tipo de piel I	Tipo de piel II	Tipo de piel III	Tipo de piel IV
1 - 3	15	12	9	5
4 - 6	30	25	15	12
7 - 9	50	40	30	20
10 y más	60	50	40	30

Fuente. (Instituto Nacional de Meteorología, 2001)

Hay que tener en cuenta que existen dos sistemas de medición de SPF que son: el sistema COLIPA (Comité de Liaison des Associations Européennes de L'Industrie de la Parfumerie, des Cosmetiques et des Toilette) ocupado en Europa y el sistema FDA (Food and Drug Administration) ocupado en Estados Unidos. La escala del sistema FDA es el doble que la COLIPA, por lo cual es necesario saber qué sistema utiliza el protector solar que hemos adquirido.

### 2.4.3. Filtros solares

Existen varios tipos de filtros solares que se aplican sobre la piel expuesta al sol para protegernos de los efectos de la radiación UV. Estos se podrían clasificar en tres grupos que son:

- **Filtros químicos:** Son sustancias que transforman la energía recibida de la radiación UV en energía no dañina para el cuerpo. Dependiendo del componente activo unas sustancias absorberán más radiación UV-A, mientras otras absorberán más UV-B.
- **Filtros físicos:** Son minerales impermeables a la radiación UV que reflejan o dispersan la energía incidente.
- **Filtros biológicos:** Son sustancias antioxidantes que potencian el sistema inmunológico cutáneo como las vitaminas A y E. (Virgilio Carreño, 2002)

#### 2.4.4. Gafas o anteojos

Para prevenir efectos dañinos en los ojos el método más eficaz es utilizar gafas de sol que filtren las radiaciones UV-A y UV-B, de preferencia con protectores laterales que bloqueen la radiación dispersa y reflejada.

La Comisión Europea ha creado la normativa 89/686/CEE, con la cual los fabricantes de gafas deben indicar el grado de protección de los lentes. El grado de protección se especifica en la tabla.

**Tabla 3**

*Grado de protección ocular según norma 89/686/CEE*

Grado	Utilización
0	Estética
1	Luminosidad solar atenuada
2	Luminosidad solar media
3	Luminosidad solar fuerte
4	Luminosidad solar excepcional

Fuente. (Virgilio Carreño, 2002)

#### 2.4.5. Medidas preventivas de acuerdo con el Índice UV

Las medidas preventivas se deben adoptar de acuerdo con los valores del índice UV y se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla 4**

*Medidas Preventivas a adoptar según el índice Ultravioleta*

Índice UV	Medidas preventivas a adoptar	
1	No necesita	Puede permanecer en el exterior sin riesgo
2	protección	
3	Necesita protección	Manténgase en la sombra durante las
4		horas centrales del día.

CONTINÚA 

5		Use camisa, sombrero, gafas y crema de
6		protección solar.
7		
8		No salga durante las horas centrales del
9	Necesita protección	día.
10	Extra	Busque zonas de sombra.
11+		Use camisa, sombrero, gafas y crema de protección solar.

Fuente. (Organización Mundial de la Salud, 2003)

## 2.5. Medición de Radiación UV en Ecuador

Actualmente en el país no existe información suficiente diaria, proporcionada por medios de comunicación, que nos indiquen el índice UV actual y el pronosticado para días futuros. Sin embargo, algunas agencias gubernamentales informan sobre el índice UV, pero esta información no es de fácil acceso, es restringida para grandes ciudades y en muchos casos no está disponible constantemente.

Las principales agencias que informan sobre el índice UV son:

- La alcaldía de la ciudad de Quito en su página web de gestión ambiental ([www.quitoambiente.gob.ec](http://www.quitoambiente.gob.ec)), tiene un micrositio dedicado a la información del índice UV, sus valores diarios y reportes mensuales de sus tres estaciones activas ubicadas en: el parque Bicentenario, el parque Itchimbia y en el parque Las Cuadras.
- La Agencia Espacial Civil Ecuatoriana (EXA) muestra exclusivamente el índice UV de la ciudad de Guayaquil en su página web ([uv.exa.ec](http://uv.exa.ec)).

- El Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) muestra el índice en varias ciudades del país, pero su servidor muy pocas veces se encuentra activo y es muy difícil tener acceso a esa información.

Adicionalmente se puede encontrar a la venta dispositivos medidores de radiación UV como:

- Pulseras medidoras de radiación UV cuyo costo varía entre 12 y 18 dólares, que advierten al usuario sobre la cantidad de radiación UV a la que se encuentra expuesto de acuerdo con el color de la parte central.



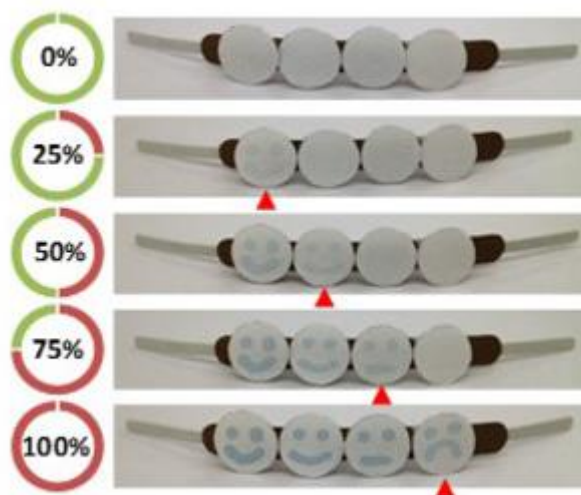
**Figura 5** Pulsera indicadora de radiación UV  
Fuente (Versatis, 2018)

- Medidor de radiación UV “Smart UV checker” es un dispositivo pequeño que se conecta a un Smartphone en el jack de audífonos y envía información sobre el índice UV actual a una aplicación que se descarga gratuitamente de la Play Store, su precio varía entre 35 y 50 dólares



**Figura 6** Smart UV Checker  
Fuente (FTLab, 2018)

- Pulsera medidora de radiación UV funciona directamente con emoticonos tristes y alegres mostrando el porcentaje recibe cada persona al día, ayudando de esta manera a prevenir los efectos dañinos causados por las radiaciones solares. Los cuatro emoticonos de la pulsera son inicialmente invisibles, pero se vuelven azules de izquierda a derecha tras superar, respectivamente, el 25%, 50%, 75% y 100% del límite de exposición UV al sol.



**Figura 7** Manilla medidora de radiación UV  
Fuente (Sinc, 2018)

- Medidores de radiación UV, también conocidos como medidores de mano, mismos que tiene un costo de adquisición que oscila desde los 100 a 120 dólares.



**Figura 8** Medidor de mano de Radiación UV  
Fuente (Ponpe, 2018)

- SmartSun es una pulsera que mide la cantidad de rayos ultravioletas que absorbe la piel y alerta (cambia de color) del momento justo en el que debemos ponernos a la sombra, La pulsera original es de color amarillo. Si se vuelve de color naranja, debemos volver a aplicarnos protector solar. Si se convierte en rosa, dejar de tomar el sol. La desventaja de esta pulsera es que se recomienda usar una pulsera por día y luego desecharla, aunque no cambie de color para otro día se debe usar una nueva pulsera el precio es de 8 dólares por un paquete de 7 pulseras.



**Figura 9** Pulsera Smartsun  
Fuente (SmartSun, 2018)

## CAPÍTULO 3

### 3. SELECCIÓN DE DISPOSITIVOS, PROGRAMACIÓN E IMPLEMENTACIÓN

En esta sección se detalla los materiales que se ocuparon en el desarrollo del prototipo, la estructura del prototipo y de la aplicación, así como la programación de tarjeta Arduino de la manilla, la aplicación móvil y el servidor Web.

#### 3.1. Planteamiento del escenario

El escenario más adecuado para medir la radiación UV es salir a la intemperie con un equipo especializado, de tamaño y valor considerable. La meta es desarrollar un sistema portable de autoconsumo fotovoltaico que permita llevar registro de la cantidad de radiación UV a la que se expone diariamente y emitir alarmas cuando esta radiación sea excesiva. La información recolectada será almacenada en bases de datos locales (en un Smartphone) y remotas (en la nube) de forma segura para poder ser accedida por el usuario mediante históricos, gráficas estadísticas y mapas de ocurrencias fáciles de interpretar.

#### 3.2. Estructura del sistema

Para el desarrollo del presente prototipo se ha utilizado el diagrama de bloques que se muestra en la siguiente figura



**Figura 10** Diagrama de bloques de la estructura del sistema



### **3.3. Selección de dispositivos**

Para la selección de dispositivos que formarán parte de la manilla se tuvo las siguientes consideraciones:

- No invasivo.
- Fácil de utilizar.
- Cómodo de usar.
- Autonomía energética.
- Instrumentación compacta.

La manilla debe monitorear la radiación ultravioleta, procesar la información brindada por el sensor y visualizarlos en la pantalla del dispositivo. Todos los datos adquiridos por la manilla son enviados por bluetooth y respaldados en la memoria del Smartphone. Además, el dispositivo debe tener autonomía energética y recargarse con luz solar, y de ser el caso, mediante un cargador de celulares.

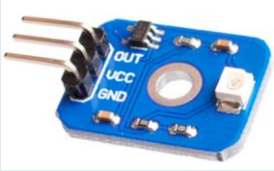

El diseño de la manilla está basado en dispositivos comerciales de relojes inteligentes y debe cumplir con los parámetros planteados anteriormente, por lo que es necesario analizar diferentes alternativas y sus características físicas y tecnológicas.

#### **3.3.1. Alternativas de diseño y evaluación**

##### **3.3.1.1. Sensor de Radiación UV**

Para la selección de sensor de radiación UV se toma en cuenta características como tamaño del sensor, facilidad de accesibilidad de los datos y precisión del mismo para lo cual se muestra dos alternativas.

**Tabla 5**  
*Alternativas de sensores de radiación UV*

Solución	Denominación	Características
<b>A</b>	GUVA-S12SD  Fuente. (Jisda, 2018)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Voltaje de Operación: 3.3V - 5 V</li> <li>• Voltaje de salida: 0 - 1 V</li> <li>• Precisión: <math>\pm 1</math>UV índice</li> <li>• Corriente de trabajo: 0.06mA (típica), 0.1mA (máxima).</li> <li>• Tiempo de respuesta: Menor a 0.5 segundos</li> <li>• Longitud de onda: 200nm-370nm</li> <li>• Temperatura de trabajo: -20 °C ~ 85 °C</li> <li>• Tamaño: 19.80mm * 15mm</li> </ul>
<b>B</b>	UVM-30A 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Voltaje de Operación: 3V - 5 V</li> <li>• Voltaje de salida: 0 - 1 V</li> <li>• Precisión: <math>\pm 1</math>UV índice</li> <li>• Corriente de trabajo: 0.06mA (típica), 0.1mA (máxima).</li> <li>• Longitud de onda: 250nm - 370nm</li> <li>• Temperatura de trabajo: -20 °C ~ 85 °C</li> <li>• Tamaño: 28mm * 12mm</li> </ul>

En las tablas 6, 7, 8 y 9 las alternativas para la medición del índice de radiación UV son evaluadas y analizadas de acuerdo a los parámetros necesarios.

**Tabla 6***Ponderación de los criterios de evaluación para el sensor de radiación UV*

Tamaño > Longitud de onda > Voltaje					
Criterio	Tamaño	Longitud de onda	Voltaje	$\Sigma+1$	Ponderación
<b>Tamaño</b>	-	1	1	3	0.5
<b>Longitud de onda</b>	0	-	1	2	0.333
<b>Voltaje</b>	0	0	-	1	0.167
SUMA				6	1

**Tabla 7***Ponderación para criterio de tamaño - Sensor de radiación UV*

Tamaño	Alternativa A	Alternativa B	$\Sigma+1$	Ponderación
<b>Alternativa A</b>	-	1	2	0.667
<b>Alternativa B</b>	0	-	1	0.333
SUMA			3	1

**Tabla 8***Ponderación para criterio de longitud de onda - Sensor de radiación UV*

Longitud de Onda	Alternativa A	Alternativa B	$\Sigma+1$	Ponderación
<b>Alternativa A</b>	-	1	2	0.667
<b>Alternativa B</b>	0	-	1	0.333
SUMA			3	1

**Tabla 9***Ponderación para criterio de voltaje - Sensor de radiación UV*

Voltaje	Alternativa A	Alternativa B	$\Sigma+1$	Ponderación
<b>Alternativa A</b>	-	0.5	1.5	0.5
<b>Alternativa B</b>	0.5	-	1.5	0.5
		SUMA	3	1

**Tabla 10***Pesos específicos de criterios de selección - Sensor de radiación UV*

Criterio	Tamaño	Longitud de onda	Voltaje	Ponderación	Prioridad
<b>Alternativa A</b>	0.335	0.222	0.083	0.641	<b>1</b>
<b>Alternativa B</b>	0.167	0.111	0.083	0.361	2
			SUMA	1	

En la tabla anterior se muestra que la solución A (GUVA-S12SD) posee un 64% de aceptación en cuanto a los requerimientos establecidos.



### 3.3.1.2. Tarjeta Electrónica

Para la selección de la tarjeta electrónica se consideró el voltaje de operación, el consumo energético y el tamaño, para lo cual se muestran dos alternativas.

**Tabla 11***Alternativas de tarjetas electrónicas*

Solución	Denominación	Características
<b>A</b>	Arduino mini Pro	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Microcontrolador: Atmega328P</li> <li>• Voltaje de Operación: 3,3 V</li> <li>• Entradas Digitales: 14</li> </ul>

CONTINÚA 

	 <p>Fuente. (Institute, 2018)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Entradas Análogas: 8</li> <li>• Velocidad de reloj: 16MHz</li> <li>• Consumo energético: 15mA</li> <li>• Tamaño: 30mm * 18mm</li> </ul>
<p><b>B</b></p>	<p>ESP32</p>  <p>Fuente. (Espressif, 2019)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Microcontrolador: Xtensa 32-bit</li> <li>• Voltaje de operación: 3,3 V</li> <li>• Entradas Digitales: 12</li> <li>• Entradas Análogas: 16</li> <li>• Velocidad de reloj: 80 MHz</li> <li>• Consumo energético: 38mA</li> <li>• Tamaño: 57mm * 28mm</li> </ul>

En las tablas 12, 13, 14 y 15 las alternativas para la tarjeta electrónica son evaluadas y analizadas de acuerdo a los parámetros necesarios.

**Tabla 12**

*Ponderación de los criterios de evaluación para la tarjeta electrónica*

Tamaño > Consumo energético > Voltaje					
Criterio	Tamaño	Consumo energético	Voltaje	$\Sigma+1$	Ponderación
<b>Tamaño</b>	-	1	1	3	0.5
<b>Longitud de onda</b>	0,5	-	0,5	2	0.333
<b>Voltaje</b>	0	0	-	1	0.167
SUMA				6	1

**Tabla 13***Ponderación para criterio de tamaño - Microcontrolador*

Tamaño	Alternativa A	Alternativa B	$\Sigma+1$	Ponderación
<b>Alternativa A</b>	-	1	2	0.667
<b>Alternativa B</b>	0	-	1	0.333
		SUMA	3	1

**Tabla 14***Ponderación para criterio de consumo energético - Microcontrolador*

Longitud de Onda	Alternativa A	Alternativa B	$\Sigma+1$	Ponderación
<b>Alternativa A</b>	-	1	2	0.667
<b>Alternativa B</b>	0	-	1	0.333
		SUMA	3	1

**Tabla 15***Ponderación para criterio de voltaje - Microcontrolador*

Voltaje	Alternativa A	Alternativa B	$\Sigma+1$	Ponderación
<b>Alternativa A</b>	-	0.5	1.5	0.5
<b>Alternativa B</b>	0.5	-	1.5	0.5
		SUMA	3	1

**Tabla 16***Pesos específicos de criterios de selección – Sensor de radiación UV*

Criterio	Tamaño	Consumo energético	Voltaje	Ponderación	Prioridad
<b>Alternativa A</b>	0.335	0.222	0.083	0.641	<b>1</b>

CONTINÚA 

<b>Alternativa B</b>	0.167	0.111	0.083	0.361	2
SUMA				1	

En la tabla se concluye que la solución A (Arduino mini pro) posee un 64% de aceptación en cuanto a los requerimientos establecidos para el desarrollo del proyecto.

### 3.3.1.3. Pantalla

Para la selección de la pantalla se consideró el tamaño, el consumo energético y resolución, para lo cual se muestran dos alternativas.

**Tabla 17**  
*Alternativas de pantalla*

Solución	Denominación	Características
<b>A</b>	1.44" TFT LCD  Fuente. (Haoyu, 2018)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Interfaz: SPI de 4 hilos</li> <li>• Tamaño: 1,44 pulgadas</li> <li>• Resolución: 128 * 128 pixeles</li> <li>• Área visual: 1:1 (cuadrado)</li> <li>• Dimensiones: 45 mm * 32 mm</li> <li>• Voltaje de operación: 3,3V - 5V</li> </ul>
<b>B</b>	NX3224T024  Fuente. (Nextion, 2018)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Interfaz: SPI de 4 hilos</li> <li>• Tamaño: 2,4 pulgadas</li> <li>• Resolución: 320 * 240 pixeles</li> <li>• Área visual: 16:12</li> <li>• Dimensiones: 60 mm * 43 mm</li> <li>• Voltaje de operación: 5V</li> </ul>

En las tablas 18, 19, 20 y 21 las alternativas para la pantalla son evaluadas y analizadas de acuerdo a los parámetros necesarios.

**Tabla 18**

*Ponderación de los criterios de evaluación para la pantalla*

Tamaño > Consumo energético > Resolución					
Criterio	Tamaño	Consumo energético	Resolución	$\Sigma+1$	Ponderación
<b>Tamaño</b>	-	1	1	3	0.5
<b>Consumo energético</b>	0	-	1	2	0.333
<b>Resolución</b>	0	0	-	1	0.167
			SUMA	6	1

**Tabla 19**

*Ponderación para criterio de Tamaño - Pantalla*

Criterio	Alternativa A	Alternativa B	$\Sigma+1$	Ponderación
<b>Alternativa A</b>	-	1	2	0.667
<b>Alternativa B</b>	0	-	1	0.333
		SUMA	3	1

**Tabla 20**

*Ponderación para criterio de consumo energético - Pantalla*

Criterio	Alternativa A	Alternativa B	$\Sigma+1$	Ponderación
<b>Alternativa A</b>	-	1	2	0.667
<b>Alternativa B</b>	0	-	1	0.333
		SUMA	3	1



**Tabla 21***Ponderación para criterio de Resolución - Pantalla*

Alternativa	Alternativa A	Alternativa B	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa A	-	0	1	0.333
Alternativa B	1	-	2	0.667
	SUMA		3	1

**Tabla 22***Pesos específicos de criterios de selección – Pantalla*

Solución	Tamaño	Costo	Resolución	Ponderación	Prioridad
Alternativa A	0.333	0.222	0.055	0.61	1
Alternativa B	0.167	0.111	0.111	0.389	2
	SUMA			1	



**3.3.1.4. Fotoceldas**

Para la selección de las fotoceldas se consideró la potencia, el tamaño y costo, para lo cual se muestran dos alternativas

**Tabla 23***Alternativas de fotoceldas*

Solución	Denominación	Características
A	Celdas solares 0,5W 2V	<ul style="list-style-type: none"> <li>Potencia máxima: 0,5W</li> <li>Voltaje de operación: 2V</li> <li>Voltaje de circuito abierto: 2,5V</li> <li>Corriente de operación: 0 - 250mA</li> <li>Corriente de cortocircuito: 420mA</li> </ul>

CONTINÚA 

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dimensiones: 195*125*0,8 mm</li> <li>• Temperatura de operación: -40 °C ~ 80 °C</li> </ul>
<p><b>B</b></p>	<p>Celdas solares 0,3W 1,5V</p>  <p>Fuente. (DHGate, 2018)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Potencia máxima: 0,3W</li> <li>• Voltaje de operación: 1,5V</li> <li>• Voltaje de circuito abierto: 2V</li> <li>• Corriente de operación: 0 - 200mA</li> <li>• Corriente de cortocircuito: 200mA</li> <li>• Dimensiones: 275*55*0,8 mm</li> <li>• Temperatura de operación: -40 °C ~ 80 °C</li> </ul>

En las tablas 24, 25, 26 y 27 las alternativas para las fotoceldas son evaluadas y analizadas de acuerdo a los parámetros necesarios

**Tabla 24**

*Ponderación de los criterios de evaluación para las fotoceldas*

Potencia > Tamaño > Costo					
Criterio	Potencia	Tamaño	Costo	$\Sigma+1$	Ponderación
<b>Potencia</b>	-	1	1	3	0.5
<b>Tamaño</b>	0	-	1	2	0.333
<b>Costo</b>	0	0	-	1	0.167
SUMA				6	1

**Tabla 25***Ponderación para criterio de potencia - Fotoceldas*

Criterio	Alternativa A	Alternativa B	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa A	-	1	2	0.667
Alternativa B	0	-	1	0.333
		SUMA	3	1

**Tabla 26***Ponderación para criterio de tamaño - Fotoceldas*

Criterio	Alternativa A	Alternativa B	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa A	-	0	1	0.333
Alternativa B	1	-	2	0.667
		SUMA	3	1

**Tabla 27***Ponderación para criterio de Costo - Fotoceldas*

Criterio	Alternativa A	Alternativa B	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa A	-	0	1	0.333
Alternativa B	1	-	2	0.667
		SUMA	3	1

**Tabla 28***Pesos específicos de criterios de selección – Fotoceldas*

Solución	Potencia	Tamaño	Costo	Ponderación	Prioridad
Alternativa A	0.333	0.111	0.055	0.499	2

CONTINÚA 



<b>Alternativa B</b>	0.167	0.222	0.111	0.501	<b>1</b>
SUMA				1	

### 3.3.1.5. Batería

A continuación se presentan la opciones para la selección de la batería utilizarse en el proyecto.

**Tabla 29**

*Alternativas de baterías*

Solución	Denominación\Ilustración	Características
<b>A</b>	 <p>Fuente. (ITEXM, 2019)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad típica (mAh):20</li> <li>• Tensión normal (V): 1.5</li> <li>• Dimensiones d * h (mm): 6,8*2,6</li> <li>• Pesa alrededor de (g): 0,3</li> <li>• Vida útil (meses): 24</li> </ul>
<b>B</b>	 <p>Fuente. (ITEXM, 2019)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Batería de litio polímero recargable</li> <li>• Capacidad nominal 750 mAh</li> <li>• Voltaje nominal de 3.7 V</li> <li>• Corriente máxima de carga 1 A</li> <li>• Temperatura de funcionamiento hasta 40°C</li> </ul>

En las tablas 30, 31, 32 y 33 se muestran las alternativas para la alimentación energética del dispositivo evaluadas y analizadas de acuerdo a los parámetros que deben cumplirse para el desarrollo del proyecto.

**Tabla 30**

*Ponderaciones de los criterios de evaluación para la alimentación energética.*

Tamaño > Longitud de onda > Voltaje					
Criterio	Tamaño	Recargable	Voltaje	$\Sigma+1$	Ponderación
<b>Tamaño</b>	-	0.5	0.5	2	0.4
<b>Recargable</b>	1	-	0	2	0.4
<b>Voltaje</b>	0	0	-	1	0.2
SUMA				5	1

**Tabla 31**

*Tamaño para alimentación energética (ponderación)*

Tamaño	Alternativa A	Alternativa B	$\Sigma+1$	Ponderación
<b>Alternativa A</b>	-	1	2	0.667
<b>Alternativa B</b>	0	-	1	0.333
SUMA			2	1

**Tabla 32**

*Recarga para alimentación energética (ponderación)*

Recargable	Alternativa A	Alternativa B	$\Sigma+1$	Ponderación
<b>Alternativa A</b>	-	0	1	0.333
<b>Alternativa B</b>	1	-	2	0.667
SUMA			3	1

**Tabla 33**

*Ponderación del voltaje para la alimentación energética.*

Voltaje	Alternativa A	Alternativa B	$\Sigma+1$	Ponderación
<b>Alternativa A</b>	-	0	1	0.333

CONTINÚA 

<b>Alternativa B</b>	1	-	2	0.667
SUMA			3	1

**Tabla 34**

*Resultados para la alimentación energética*

Criterio	Tamaño	Recarga	Voltaje	Ponderación	Prioridad (%)
<b>Alternativa A</b>	0.11	0.11	0.11	0.33	2
<b>Alternativa B</b>	0.22	0.22	0.22	0.66	1
SUMA				1.0	

En la tabla 34 se concluye que la alternativa A (Batería de lipo 1A) tiene un 67% de aprobación de acuerdo a los requerimiento necesarios para el desarrollo de este proyecto.

Para que el dispositivo implementado pueda tener una autonomía energética es necesaria la implementación de un sistema de carga utilizando un módulo de carga como el que se indica en la figura 13.



**Figura 11** Módulo de carga de Batería  
Fuente. (NanJing, 2017)

**Tabla 35**

*Características de Módulo de carga de Batería*

Modelo	Cargador de Baterías de Litio
<b>Modo de Carga</b>	Lineal
<b>Corriente de Carga</b>	1 A

CONTINÚA →

<b>Voltaje de Entrada</b>	4 V – 8 V
<b>Voltaje de Salida Regulado</b>	4.2 V
<b>Temperatura de Operación</b>	-10 °C ~ 85 °C
<b>Interfaz de Entrada</b>	Micro USB


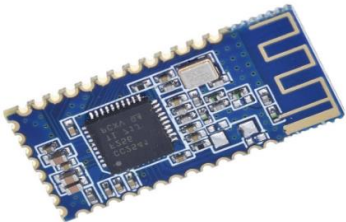
Fuente. (NanJing, 2017)

### 3.3.1.6. Bluetooth

A continuación se presentan las opciones para la selección del módulo bluetooth a utilizarse en el desarrollo de este proyecto.

**Tabla 36**

*Alternativas de Bluetooth*

Solución	Denominación\Ilustración	Características
A	 <p>HC 05 6</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad típica (mAh):10</li> <li>• Tensión normal (V): 3.3</li> <li>• Dimensiones d * h (mm): 26.9 *13</li> <li>• Distancia máxima de alcance (m): 10</li> </ul>
B	 <p>CC2540</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad típica (mAh):10</li> <li>• Tensión normal (V): 3.3</li> <li>• Dimensiones d * h (mm): 38 *16</li> <li>• Distancia máxima de alcance (m): entre 7 y 9</li> </ul>

En las tablas 37, 38, 39 y 40 se muestran las alternativas para la selección del módulo Bluetooth del dispositivo evaluadas y analizadas de acuerdo a los parámetros que deben cumplirse para el desarrollo del proyecto.

**Tabla 37**

*Ponderaciones de los criterios de evaluación para la alimentación energética.*

Alcance > Voltaje > Tamaño					
Criterio	Alcance	Voltaje	Tamaño	$\Sigma+1$	Ponderación
Alcance	-	0.5	0.5	2	0.4
Voltaje	0	-	0	1	0.2
Tamaño	0.5	0.5	-	2	0.4
SUMA				5	1

**Tabla 38**

*Alcance para el módulo bluetooth (ponderación)*

Tamaño	Alternativa A	Alternativa B	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa A	-	0	1	0.333
Alternativa B	1	-	2	0.667
SUMA			3	1

**Tabla 39**

*Voltaje para alimentación del módulo bluetooth (ponderación)*

Recargable	Alternativa A	Alternativa B	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa A	-	1	2	0.5
Alternativa B	1	-	2	0.5
SUMA			4	1



**Tabla 40***Tamaño del módulo bluetooth (ponderación)*

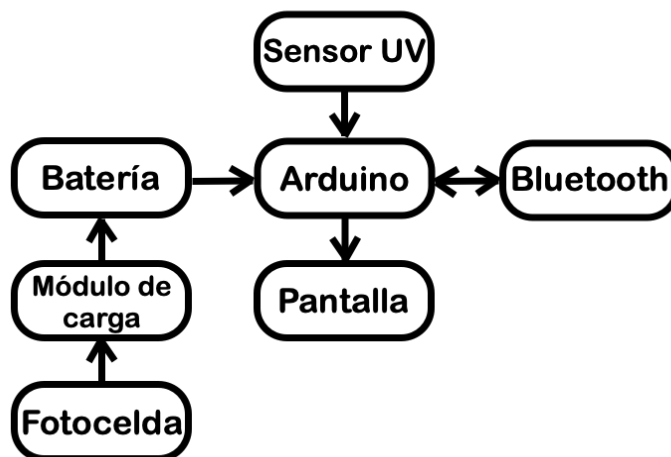
Voltaje	Alternativa A	Alternativa B	$\Sigma+1$	Ponderación
<b>Alternativa A</b>	-	1	2	0.667
<b>Alternativa B</b>	0	-	1	0.333
		SUMA	3	1

**Tabla 41***Resultados para la alimentación energética*

Criterio	Alcance	Voltaje	Tamaño	Ponderación	Prioridad (%)
<b>Alternativa A</b>	0.22	0.17	0.22	0.61	2
<b>Alternativa B</b>	0.11	0.17	0.11	0.39	1
			SUMA	1.0	

En la tabla 41 se concluye que la alternativa A (HC 05 6) tiene un 61% de aprobación de acuerdo a los requerimientos necesarios para el desarrollo de este proyecto.

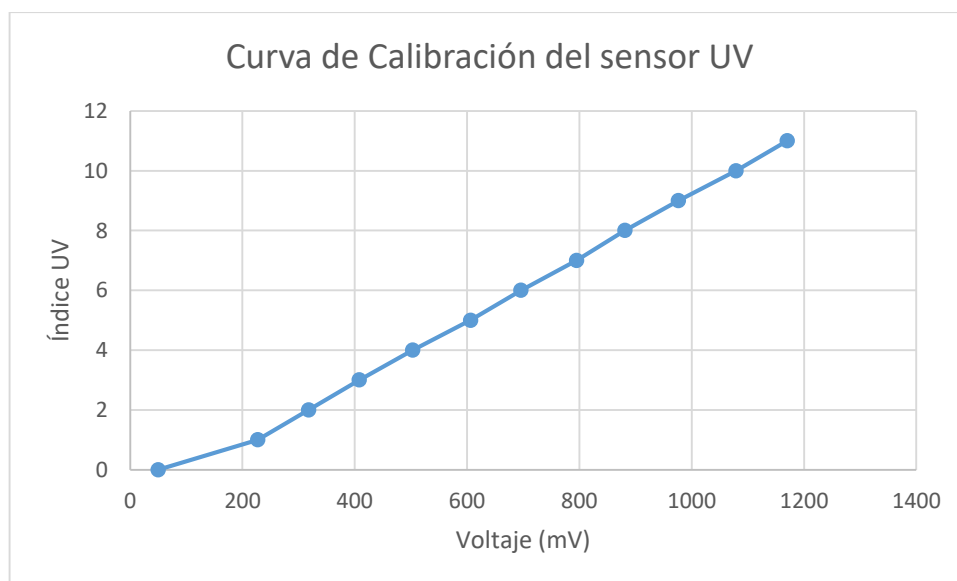
### 3.4. Diagrama de bloques de la manilla



*Figura 12* Diagrama de bloques de la manilla

### 3.5. Sensor de radiación UV

La medición de la radiación ultravioleta se la realiza a través del sensor GUVA-S12SD y un amplificador operacional. El sensor es un fotodiodo tipo Schottky basado en material de nitruro de galio, optimizado para el funcionamiento en modo fotovoltaico. (Electronics, 2018)



*Figura 13* Curva de calibración del sensor UV

El voltaje de salida otorgado por el sensor es

$$V_O = 4.3 * I_D \quad (2)$$

Donde:

$I_D$  : es la corriente del diodo en micro Amperios ( $\mu A$ ).

$V_O$ : es el voltaje de salida en mili Voltios (mV).

Además se puede convertir el voltaje a índice UV dividiendo el voltaje de salida por 0.1 V.

(EOC, 2018)

La ecuación que se utilizó para transformar de mV a índice UV es la siguiente:

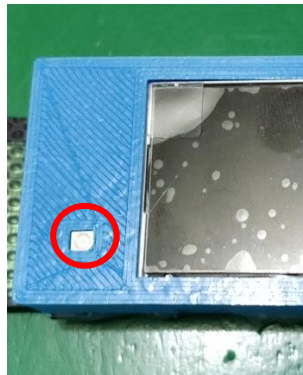
$$indice = ((V_O * V_{ref})/Res)/0.1 \quad (3)$$

Donde:

$V_O$ : Voltaje del sensor

$V_{ref}$ : Voltaje de referencia (3,3 V)

$Res$ : Resolución de la lectura analoga



**Figura 14** Sensor de radiación UV

### 3.5.1. Pruebas de Funcionamiento

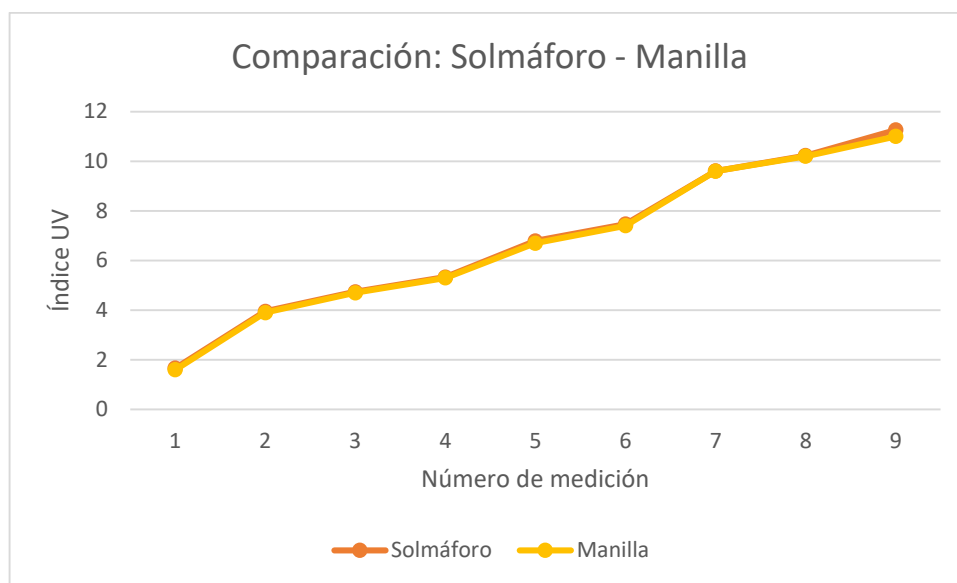
#### 3.5.1.1. Exactitud

La prueba de exactitud consiste en obtener los datos de un dispositivo certificado (datos brindados por la alcaldía de Quito) y compararlos con los datos obtenidos con la manilla. Para realizar esta prueba se realizó mediciones junto al solmáforo del parque Itchimbia a lo largo del día 1 de noviembre de 2019 para tener diferentes índices UV y comprobar los datos de cada medición. Los resultados del error porcentual se muestran en la siguiente tabla y se registra un error promedio de 1,25% en las mediciones.

**Tabla 42**

*Error Porcentual en la prueba de exactitud*

No	Solmáforo	Manilla	Error %
1	1,66	1,6	3,61
2	3,95	3,9	1,27
3	4,74	4,7	0,84
4	5,33	5,3	0,56
5	6,79	6,7	1,33
6	7,47	7,4	0,94
7	9,61	9,6	0,1
8	10,23	10,2	0,29
9	11,26	11	2,31
Error Promedio			1,25



**Figura 15** Comparación de los datos de exactitud

### 3.5.1.2. Precisión

La prueba de precisión consiste en tomar la medida de la radiación ultravioleta junto a un solmáforo al mismo tiempo y en el mismo intervalo de tiempo, para que las medidas sean comparables y se pueda determinar el error. Los datos fueron tomados el día 2 de noviembre de 2019 de 09:00 a 10:00 en intervalos de 5 minutos. Los resultados del error porcentual se muestran en la siguiente tabla y se registra un error promedio de 0,9% en las mediciones.

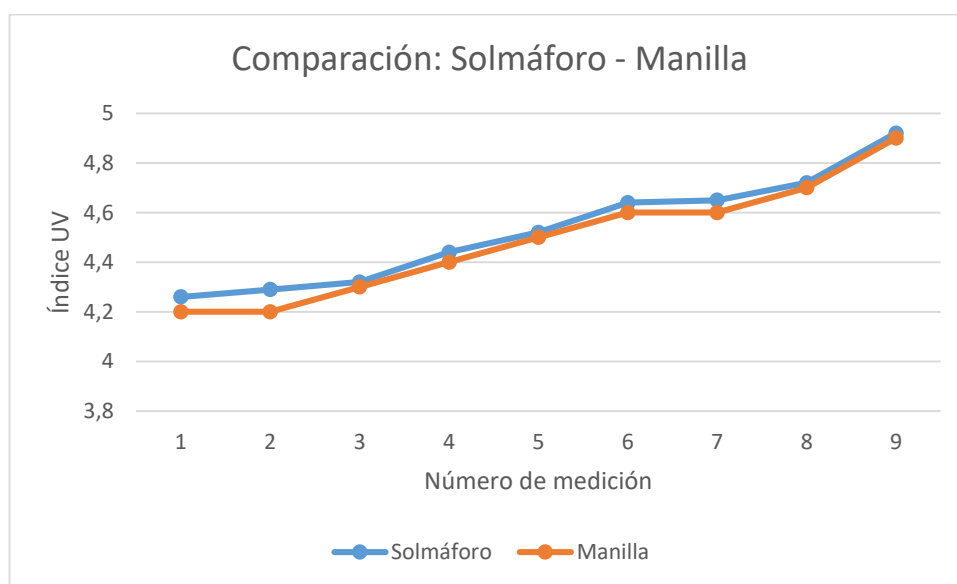
**Tabla 43**

*Error Porcentual en la prueba de precisión*

No	Solmáforo	Manilla	Error %
1	4,26	4,2	1,41%
2	4,29	4,2	2,10%
3	4,32	4,3	0,46%
4	4,44	4,4	0,90%
5	4,52	4,5	0,44%
6	4,64	4,6	0,86%

CONTINÚA 

7	4,65	4,6	1,08%
8	4,72	4,7	0,42%
9	4,92	4,9	0,41%
Error Promedio			0,90%



**Figura 16** Comparación de los datos de precisión

### 3.6. Descripción del escenario

Los dispositivos escogidos, a excepción del Smartphone, se integraron dentro de una manilla plástica, con el objetivo de medir la cantidad de radiación UV que incide sobre el usuario y emitir alertas, sonoras y vibratorias, cuando la cantidad sobrepase los límites seguros de exposición.

La manilla debe utilizarse a la intemperie durante el día y tener una conexión Bluetooth activa con el Smartphone para que pueda realizar mediciones de la cantidad de radiación UV emitida por el sol. A su vez, el Smartphone necesita tener conexión a Internet, ya sea por datos móviles o por WiFi, para guardar la información individual en el servidor remoto.

La manilla consta de una batería de 750 mAh, la cual entregará energía al sistema por 10 horas continuas, además el sistema consta con dos celdas solares flexibles que proporcionan energía y cargan la batería cuando se encuentran expuestas al sol, convirtiendo la manilla en un sistema de autoconsumo fotovoltaico. La manilla incorpora un puerto de carga tipo mini USB que se puede utilizar para cargar la batería cuando las celdas solares no se exponen el tiempo suficiente al sol.

El Arduino mini de la manilla procesa la información recibida del sensor ultravioleta cada hora o cuando el usuario solicite una medición desde la aplicación y la convierte en índice UV, lo muestra en pantalla y lo envía a la aplicación; cuando el valor del índice UV sea mayor que 7, la manilla notifica al usuario mediante vibración y la aplicación en el Smartphone emite un sonido de alerta.

La aplicación toma el valor del índice UV desde la manilla y la almacena en el servidor remoto junto con: la temperatura actual, la hora y fecha del registro, la ubicación y las coordenadas del registro. En la actualidad existen diversas APIs de clima como “Open Weather Map” que brinda la temperatura, humedad y presión con solo ingresar las coordenadas de la ubicación a consultar; estos datos son fácilmente accesibles desde el código de la aplicación y resultan convenientes para llevar un mejor registro de las condiciones atmosféricas a las que estuvo expuesto el usuario.

El servidor remoto consta de scripts para acceder y guardar datos en una base de datos de libre distribución y open source “MYSQL”, la misma que almacenará los datos recibidos de los scripts indefinidamente.

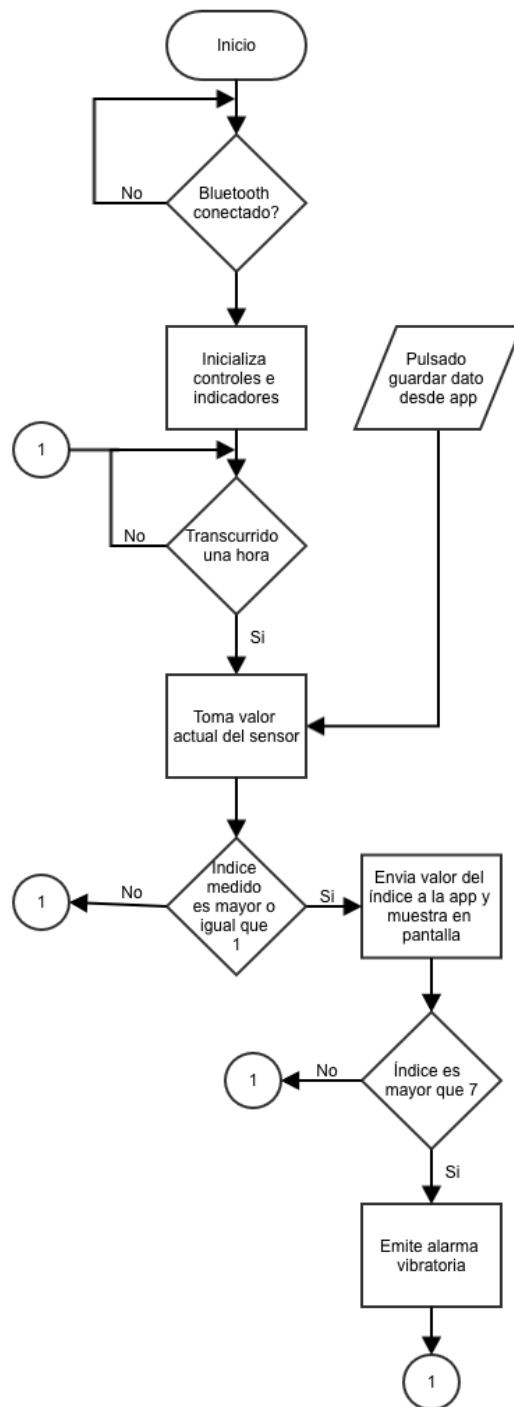
Desde la aplicación se puede acceder a la información recolectada mediante el menú donde se puede seleccionar entre: históricos, gráficos y mapas. En los históricos se muestran todos los datos registrados del usuario, que incluyen la hora, fecha, ubicación e índice UV. Mientras que en la ventana de gráficos se hace una búsqueda discriminada por fechas de ocurrencia, mostrando los

índices de las fechas escogidas en un gráfico de barras. Por último, en los mapas se muestra un marcador en el mapa para cada localidad donde existió una medida de datos.

### **3.7. Diagrama de flujo de programa en Arduino**

A continuación, se ilustran los diagramas de flujos del script programado en la tarjeta





**Figura 17** Diagrama de flujo de programa de Arduino

### 3.8. Descripción del programa en Android

#### 3.8.1. Pantalla Inicial

Al ejecutar la aplicación se muestra la información a la que está expuesto el usuario en tiempo real, haciendo énfasis en el índice UV, que se muestra en números y en palabras para una mejor asimilación; además se muestra la temperatura actual y la ubicación actual, como se muestra en la figura 18.



**Figura 18** Vista de los datos actuales

El valor del índice se obtiene a través de la lectura del buffer de Bluetooth mediante un evento “Handler”. Este valor es mostrado en pantalla y convertido a palabras para ser enviado al servidor remoto junto con la temperatura, la fecha, la hora, la ubicación y el identificador de usuario.

Para almacenar los datos en el servidor se ocupa un archivo PHP, el cual toma los datos tipo POST enviados desde la aplicación y los almacena en la base de datos. Se creó una clase de tipo

“AsyncTask” que trabaja en segundo plano y se utiliza para evitar pérdidas de datos y congelamiento de la aplicación mientras se envían los datos desde la aplicación hacia el servidor.

En caso de que el servidor no se encuentre activo la aplicación informará al usuario mediante un mensaje en pantalla y los datos recibidos mientras no se tenga acceso al servidor serán guardados en la memoria interna del teléfono para posteriormente ser enviados al servidor cuando ya se tenga una conexión estable.

Para obtener la ubicación la aplicación accede al GPS del teléfono, el cual retorna datos numéricos que indican la latitud y longitud de la posición actual. Al mismo tiempo es necesario activar las actualizaciones de ubicación, que envían nuevos datos de ubicación cuando ha transcurrido un tiempo establecido o cuando la ubicación ha cambiado. En caso de que el GPS no se encuentre activo o que no se pueda acceder a la señal del GPS, la aplicación intentará tomar la ubicación mediante otros métodos, por ejemplo usando la información del proveedor de internet.

El nombre de la ubicación, el país y la temperatura se toman del API de “Open Weather Map”, al igual que la clase que almacena los datos en el servidor, se utiliza una clase de tipo “AsyncTask” para evitar el congelamiento de la aplicación mientras se realiza la consulta a los servidores del API.

Para realizar una consulta tenemos que enviar la longitud y la latitud hacia el servidor del API junto con el API\_KEY, el cual es una constante que nos brinda el desarrollador de la API, y leer el resultado con un BufferedReader y guardarlo en un JSON.

La API brinda muchos datos sobre el clima de las coordenadas que le enviamos, pero para nuestro proyecto nos centraremos únicamente en el nombre de la ubicación (ciudad) y la temperatura. Para lo cual, procesamos el JSON obtenido anteriormente, tomando los valores deseados y añadiendo las unidades a la temperatura y el dominio del país junto a la ubicación.

### 3.8.2. Vinculación a Dispositivo Bluetooth

Si al momento de iniciar la aplicación no está encendido el Bluetooth o el dispositivo carece del mismo, se muestra una alerta pidiendo encender el Bluetooth y se inicia una actividad desde la cual se puede escoger a que dispositivo vincularse o crear un nuevo vínculo.

Para mostrar los dispositivos es necesaria seleccionar la opción de buscar y se muestran dos listas: los dispositivos vinculados y los dispositivos por vincular. Estas listas muestran el nombre del dispositivo y la dirección MAC asociada. Los datos de las listas son llenados creando un adaptador que se aumenta de acuerdo a los dispositivos Bluetooth cercanos, discriminando si estos dispositivos ya tuvieron una conexión previa al teléfono para colocarlos en la lista de “Dispositivos Vinculados”. Cada elemento de la lista tiene asociado un “Listener” que cumple la función de enviar la dirección MAC hacia la ventana principal donde se establece la conexión Bluetooth.



**Figura 19** Listado de dispositivos Bluetooth

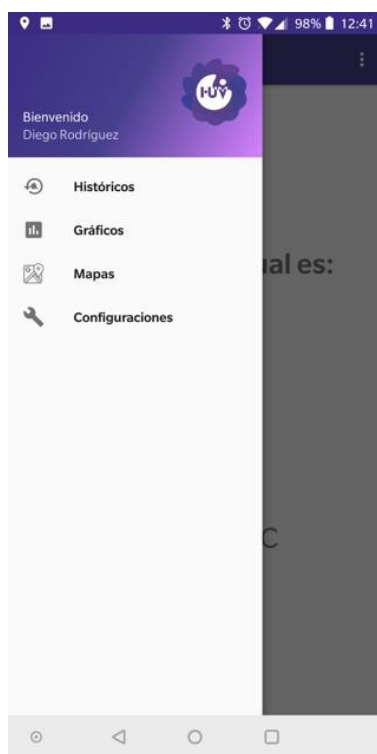
En la actividad principal creamos una clase que toma el adaptador de Bluetooth del teléfono e intenta crear una conexión SPP (Serial Port Profile), utilizando la dirección MAC, si el dispositivo se encuentra disponible; caso contrario, se muestra un banner con un mensaje de error y se repite el proceso.

### **3.8.3. Menú Deslizante**

Desde la pantalla principal tenemos acceso a un menú desplegable, deslizando de izquierda a derecha que se muestra en la figura 20, desde el cual podremos acceder a los datos alojados en el servidor. De acuerdo a la opción que se escoja se muestran los datos de incidencias de diferentes formas como son: todas las incidencias, mediante gráficos o mediante mapas.

Para obtener los datos del servidor se realiza una consulta tipo POST desde la aplicación, enviando el ID del usuario como criterio de búsqueda; el servidor utiliza un archivo PHP, que

realiza una consulta a la base de datos y retorna todos los casos de coincidencia en un archivo de tipo JSON, el mismo que será procesado desde la aplicación para obtener los valores mencionados y mostrarlos en pantalla de acuerdo a la opción seleccionada.



*Figura 20* Vista del menú desplegable

### **3.8.3.1. Presentación de todas las Incidencias**

La opción de “Históricos” obtiene todos los datos de incidencias que coincidan con nuestro ID de usuario y las muestra en una lista. La lista muestra la hora, fecha, índice UV y ubicación de cada incidencia que se ha registrado.

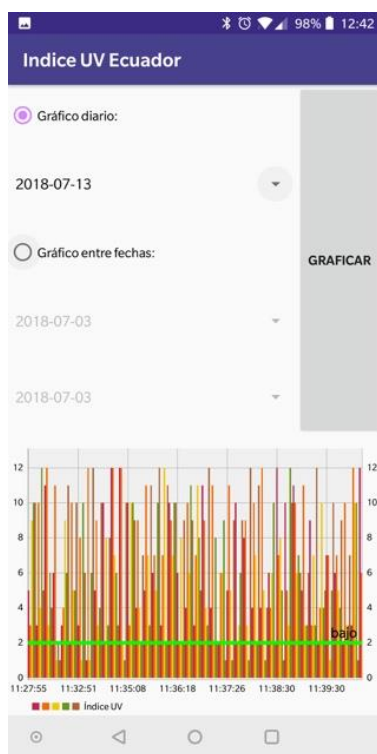
Esta forma de visualización de datos nos servirá para contrastar valores de incidencias en diferentes fechas y lugares, y para tener un registro detallado de la radiación UV a la que se ha expuesto el usuario.

Hora	Fecha	Índice UV	Ubicación
10:08:40	2018-07-03	2 - Bajo	AMBATO, EC
11:27:55	2018-07-12	5 - Moderado	SANTA FE, EC
11:31:52	2018-07-12	3 - Moderado	SANTA FE, EC
11:31:55	2018-07-12	9 - Muy alto	SANTA FE, EC
11:31:57	2018-07-12	10 - Muy alto	SANTA FE, EC
11:31:59	2018-07-12	10 - Muy alto	SANTA FE, EC
11:32:01	2018-07-12	3 - Moderado	SANTA FE, EC
11:32:03	2018-07-12	10 - Muy alto	SANTA FE, EC
11:32:05	2018-07-12	4 - Moderado	SANTA FE, EC
11:32:07	2018-07-12	12 - Extremo	SANTA FE, EC
11:32:09	2018-07-12	5 - Moderado	SANTA FE, EC
11:32:11	2018-07-12	11 - Extremo	SANTA FE, EC
11:32:13	2018-07-12	12 - Extremo	SANTA FE, EC
11:32:15	2018-07-12	3 - Moderado	SANTA FE, EC
11:32:17	2018-07-12	6 - Alto	SANTA FE, EC
11:32:19	2018-07-12	4 - Moderado	SANTA FE, EC
11:32:21	2018-07-12	6 - Alto	SANTA FE, EC
11:32:23	2018-07-12	11 - Extremo	SANTA FE, EC
11:32:25	2018-07-12	1 - Bajo	SANTA FE, EC
11:32:27	2018-07-12	2 - Bajo	SANTA FE, EC
11:32:29	2018-07-12	1 - Bajo	SANTA FE, EC
11:32:31	2018-07-12	3 - Moderado	SANTA FE, EC
11:32:33	2018-07-12	4 - Moderado	SANTA FE, EC
11:32:35	2018-07-12	9 - Muy alto	SANTA FE, EC
11:32:37	2018-07-12	6 - Alto	SANTA FE, EC
11:32:39	2018-07-12	11 - Extremo	SANTA FE, EC

*Figura 21* Vista de presentación de todas las incidencias

### 3.8.3.2. Presentación de Incidencias en Gráficos

Este tipo de presentación de valores de incidencias nos ayuda a segregar los resultados obtenidos del servidor por medio de las fechas, pudiendo mostrar en un gráfico de barras los valores obtenidos a lo largo de un día específico o todos los valores obtenidos entre dos días, para de esta forma comparar la radiación incidente a lo largo de una temporada.



*Figura 22* Vista de gráficas generadas

### 3.8.3.3. Presentación de Incidencias en Mapas

Para la creación de los mapas es necesario importar la librería de Google Maps y crear un objeto de esta librería; luego creamos un fragmento, que se muestra en toda la pantalla, que contiene el mapa donde se muestra con marcadores todas las incidencias que se obtienen del servidor.





**Figura 23** Ubicaciones donde se han presentado incidencias

Si los servicios de “Google Play” no se encuentran actualizados o instalados en el teléfono, el fragmento que contiene el mapa nos dirige a instalar la versión mas actual de los servicios de “Google Play” y una vez correctamente instalados nos mostrará el mapa con los marcadores creados desde la aplicación. Cuando el mapa se haya cargado completamente podremos manipularlo y movernos a voluntad por el mapa.

Para la creación de marcadores es preciso crear una lista con las coordenadas obtenidas del servidor y crear un objeto de tipo “Marker” que se añade al mapa como se indica a continuación.

#### **3.8.4. Alertas Gráficas**

Cuando se tiene una incidencia del índice UV moderado o alto, es decir mayor a 2 y menor a 8, la aplicación emite una alerta visual indicando las medidas preventivas a tomarse como se muestra en la siguiente figura:



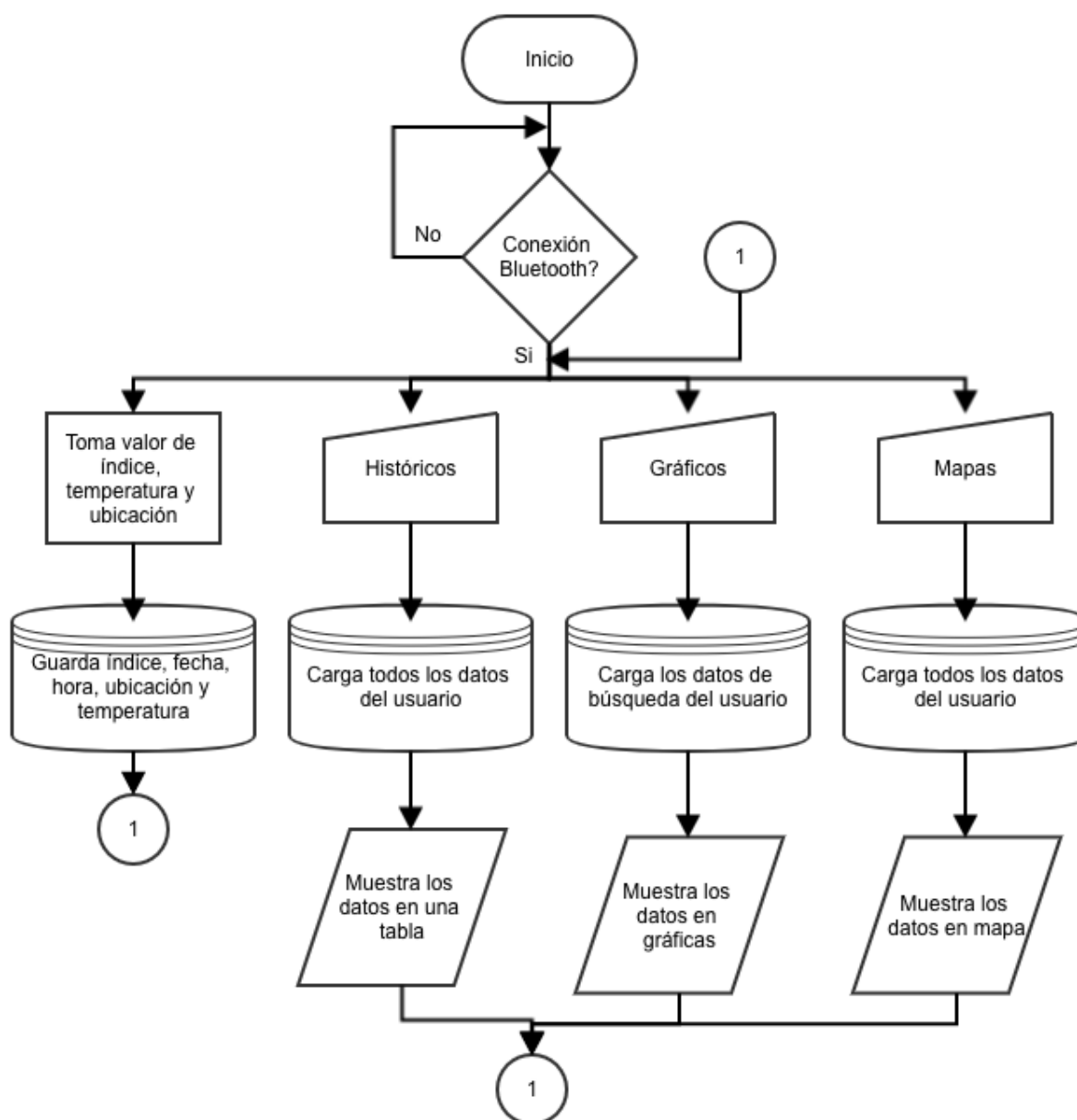
**Figura 24** Alerta de índice UV alto

En casos extremos de que exista una incidencia muy alta o extremadamente alta, es decir que el índice UV es mayor a 7, se muestra una alerta visual en la aplicación mostrando las medidas preventivas a tomarse.



**Figura 25** Alerta índice UV muy alto

### 3.8.5. Diagrama de flujo de programa Android



*Figura 26* Diagrama de Flujo de aplicación

## **CAPÍTULO 4**

### **4. RESULTADOS Y ANÁLISIS**

En el presente capítulo se evalúa el rendimiento de los elementos utilizados en la implementación del prototipo, de la misma manera se valora el software tanto de la aplicación móvil como del servidor Web.

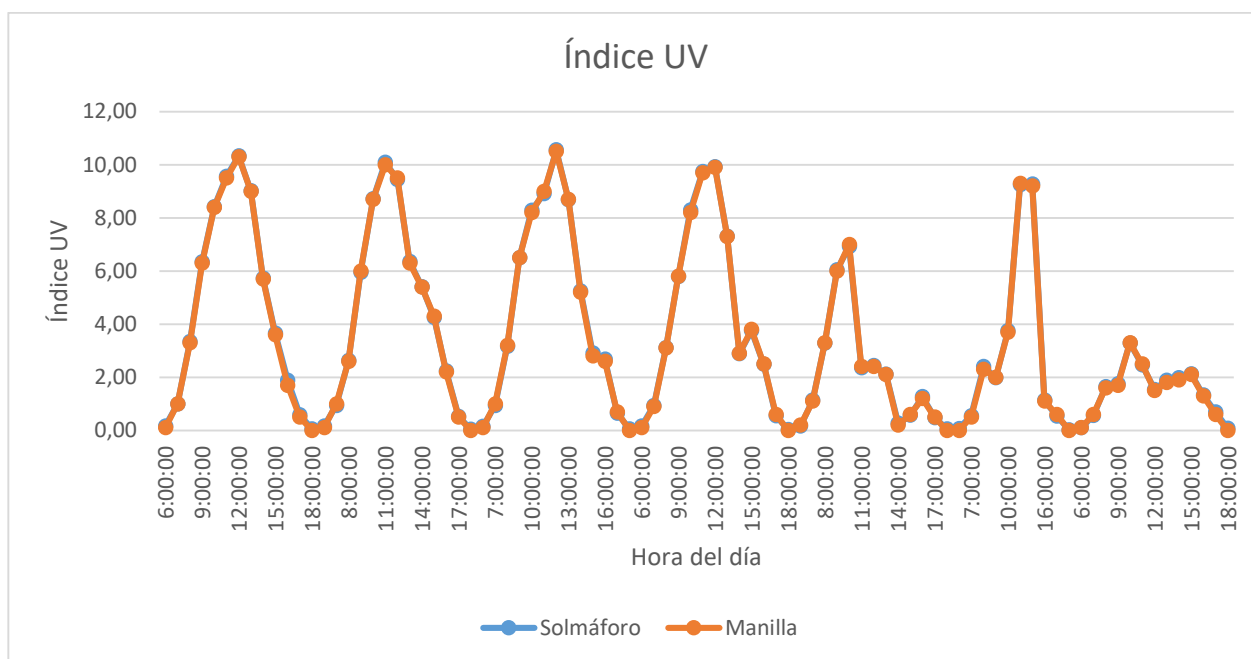
#### **4.1. Evaluación de la manilla**

Para evaluar el sistema en aspectos de hardware se realizó pruebas al sensor GUVA-S12D para determinar la exactitud del sensor y confiabilidad de los datos obtenidos. Además se verificó la comunicación Bluetooth entre la manilla y el Smartphone para evitar pérdida de datos o de conexión. Adicionalmente se comprobó el tiempo de uso de la batería para evitar afectar la tarjeta Arduino y los módulos conectados a ella.

##### **4.1.1. Analisis de resultados de sensor de radiación UV**

Para verificar la medición de radiación UV es preciso realizar pruebas junto al solmaforo del parque Itchimbia, las pruebas se realizaron a lo largo del día 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7 de noviembre de 2019. Los datos obtenidos se contrastan con los brindados por la alcaldía de Quito mediante su página web de gestión ambiental.

En la figura 27 se muestran la comparativa de los datos obtenidos del municipio de Quito versus los datos obtenidos a través de la manilla.



**Figura 27** Comparación datos de índice UV.

De los datos obtenidos durante los siete días a través de la manilla se muestra en la siguiente tabla los datos estadísticos con la referencia del municipio de Quito.

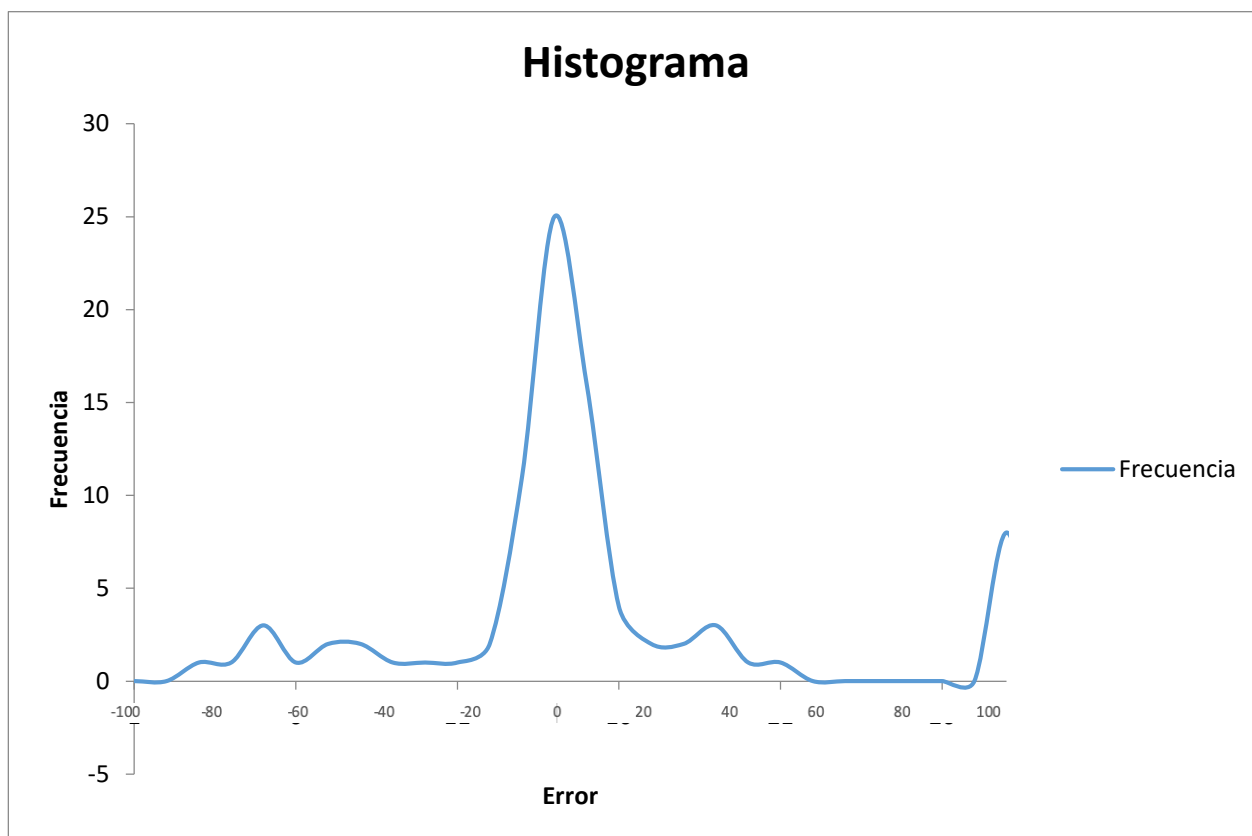
**Tabla 44**

*Datos estadísticos descriptivos*

	Solmáforo	Manilla
<b>RMSE</b>	-	0,0563
<b>Media</b>	3,4796	3,4295
<b>Varianza</b>	11,0753	11,1004

### 4.1.2. Análisis de Residuos

En la siguiente figura se aprecia el histograma de errores de los datos obtenidos a través de la manilla versus los datos del municipio de Quito, mostrando que la media del error tiende a cero.



*Figura 28* Histograma de errores

### 4.1.3. Conexión Bluetooth

Para validar la comunicación Bluetooth entre la manilla y el Smartphone se conectó el Arduino hacia el computador y se tomó los datos que se muestran en el monitor serial del IDE para contrastarlos con los almacenados en la base de datos y se muestran a continuación:

#2.5
#3.0
#3.0
#4.3
#5.0

a) Datos monitor serial

El índice UV actual es: <b>2.5</b>	El índice UV actual es: <b>3.0</b>	El índice UV actual es: <b>4.3</b>	El índice UV actual es: <b>5.0</b>
---------------------------------------	---------------------------------------	---------------------------------------	---------------------------------------

b) Datos aplicación móvil

**Figura 29** Análisis de la comunicación Bluetooth.

Con estos datos se puede establecer que la comunicación es confiable un 100% puesto que de todos los datos enviados desde la manilla no se ha perdido ninguno al momento de la recepción en la aplicación móvil, debido a que la manilla solo inicia el envío de datos cuando se encuentra establecida una conexión.

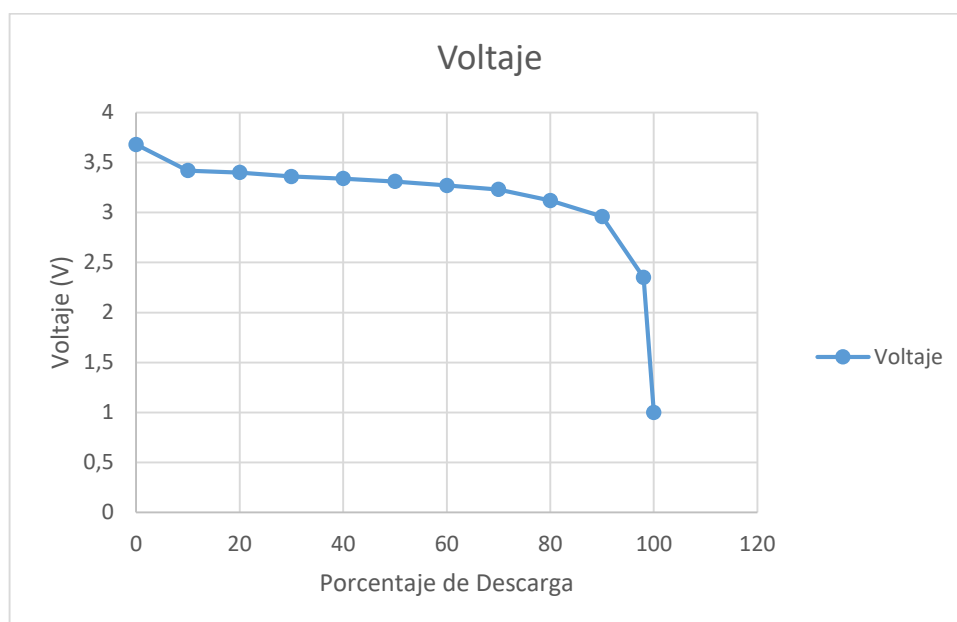
Esta conexión se la puede comprobar mediante el parpadeo del led, que viene integrado en el módulo Bluetooth, el cual parpadea dos veces, se apaga por tres segundos y vuelve a parpadear dos veces.

#### **4.1.4. Tiempo de descarga de la batería de la manilla**

Al ser una manilla de autoconsumo fotovoltaico es imperante conocer el tiempo de uso máximo y el voltaje suministrado a lo largo de la descarga de la batería, para evitar dañar los módulos del sistema y alargar su vida útil.



Gracias a las fotoceldas incluidas en el sistema, la batería puede cargarse cuando se encuentre al aire libre, por lo cual se optó por realizar las pruebas de descarga en un ambiente controlado bajo techo, teniendo como resultado la curva que se muestra en la siguiente figura.



**Figura 30** Curva de descarga de batería de litio

En la gráfica anterior se puede observar que mientras el porcentaje de descarga de la batería sea menor al 90% (aproximadamente) el voltaje no se reduce de 3,3 V, permitiendo así al aparato funcionar correctamente.

#### **4.2. Evaluación de la Aplicación**

Para evaluar el sistema en aspectos de software se realizó pruebas de conectividad y tiempo de respuesta del servidor web y se analizó el consumo de recursos que tiene la aplicación móvil sobre el Smartphone para que la operatividad sea intuitiva y fluida.

#### 4.2.1. Tráfico de datos al servidor web

El tráfico de datos con el servidor es importante para almacenar los datos obtenidos a través del sensor de la manilla y de los parámetros que brinda la aplicación, para poder acceder a ellos posteriormente mediante la aplicación y ayudar al usuario final a interpretar los datos recopilados mediante graficas y mapas.

Todos los datos son almacenados en la base de datos “índice uv” y colocados en una tabla que consta de los atributos ID de usuario, hora, fecha, índice y ubicación. El ID de usuario se genera automáticamente en la aplicación y sirve para discriminar los datos pertenecientes a cada usuario.

Para verificar los paquetes de comunicación HTTP entre la aplicación móvil y el servidor web se utilizo la herramienta Wireshark, desde la cual se observa en la figura 46 el acceso tipo GET al servidor con dirección IP 104.28.3.109.

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info	
1537	122.981517	192.168.1.5	89.44.169.132	HTTP	315	GET /eupd/msync/v.txt?MZZ0PYBSMD HTTP/1.1	
1541	123.191976	89.44.169.132	192.168.1.5	HTTP	929	HTTP/1.1 404 Not Found (text/html)	
1774	164.234605	192.168.1.5	17.253.13.205	HTTP	368	GET /ocsp04-devid01/ME4wTKADAgEAMEUwQzBBMAkGBSs0AwIaBQAEF	
1778	164.351908	17.253.13.205	192.168.1.5	OCSP	1512	Response	
+	4961	216.370477	192.168.1.5	104.28.3.109	HTTP	503	GET /indice_uv_ecuador/cargar_historicos.php HTTP/1.1
+	4964	216.474021	104.28.3.109	192.168.1.5	HTTP	399	HTTP/1.1 301 Moved Permanently
+	5227	242.409504	192.168.1.5	17.253.13.204	HTTP	364	GET /ocsp-devid01/ME4wTKADAgEAMEUwQzBBMAkGBSs0AwIaBQAEF
+	5236	242.512169	17.253.13.204	192.168.1.5	OCSP	1510	Response

**Figura 31** Captura de paquetes en Wireshark

Además se realizó una prueba para comprobar el estado de la comunicación utilizando el protocolo ICMP, enviando 409 paquetes hacia la dirección IP del servidor, de donde se comprobó que la confiabilidad del servidor es del 99,5%, ya que solo se perdieron 2 paquetes de los 409 enviados; de los cuales el tiempo mínimo fue de 91,539 ms y un tiempo máximo de 2169,058 ms.

409 packets transmitted, 407 packets received, 0.5% packet loss

Min = 91.539 ms

Avg = 137.786 ms

Max = 2169.058 ms

Stddev = 132.864 ms

**Figura 32** Resultados de ICMP

#### 4.2.2. Consumo de recursos del Smartphone

Después de realizar pruebas con la aplicación durante 3 minutos, cargando los datos desde el servidor, generando gráficas y mostrando las incidencias en el mapa se verificó que la memoria Caché fue de 5,61 MB.



**Figura 33** Memoria caché de la aplicación móvil



**Figura 34** Uso de memoria de la aplicación móvil

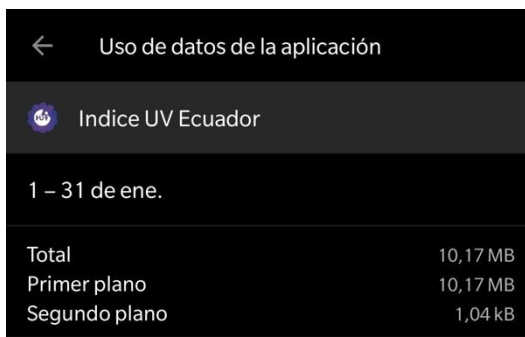
También se demostró que la aplicación móvil apenas usó 2,2 MB de la memoria del Smartphone lo cual representa menos del 1% y un máximo de 141 MB que representa el 2% lo que se indica en la figura 49.

A pesar de que la aplicación ocupa algunos recursos del Smartphone como el GPS, Bluetooth y una conexión a internet activa, no produce consumo de batería.



**Figura 35** Consumo de batería

El consumo de datos de la aplicación varía dependiendo de las veces que realicemos consultas o enviemos datos hacia el servidor, como se enseña en la figura 51 en un periodo de 31 días se utilizó aproximadamente 10,17 MB.



Uso de datos de la aplicación	
Indice UV Ecuador	
1 – 31 de ene.	
Total	10,17 MB
Primer plano	10,17 MB
Segundo plano	1,04 kB

**Figura 36** Uso de datos de la aplicación

## CAPÍTULO 5

### 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. Conclusiones

En la presente investigación se ha diseñado e implementado un prototipo que permite medir la radiación ultravioleta en tiempo real, emitiendo alertas vibratorias y sonoras cuando el usuario se encuentra expuesto a una radiación que pueda afectar a su salud.

Se evaluó el desempeño del dispositivo en diferentes escenarios mostrando que el error cuadrático medio del sistema es de 0,1805 en comparación a la herramienta propietaria y de 0,9009 en comparación al solmáforo del parque Itchimbia, demostrando que el índice UV varía con las condiciones ambientales del lugar donde se realiza la medición.

Los datos adquiridos a través del sensor ultravioleta de la manilla se procesaron en la tarjeta Arduino para mostrarlos en la pantalla y se enviaron usando el protocolo de comunicación Bluetooth hacia la aplicación móvil, desde donde son enviados al servidor remoto para su almacenamiento y en caso de que exista una medición que pueda ser perjudicial para la salud, tanto la manilla como la aplicación móvil emiten una notificación mostrando las medidas preventivas que se deben tomar.

La mayoría de la población toma pocas precauciones o desconoce completamente los efectos perjudiciales de la radiación ultravioleta, por lo cual el sistema indica las medidas preventivas, a través de notificaciones, que el usuario debe tomar cuando se presenta una lectura del índice UV elevada.

Los resultados obtenidos a través de la manilla, están enfocados a desplegar información útil y de fácil comprensión sobre la cantidad de radiación ultravioleta que incide sobre el usuario y de las acciones preventivas que se deben tomar para evitarla.

Los mensajes ICMP nos sirven para determinar la disponibilidad del servidor web y para tener un entendimiento básico sobre el delay y flujo de datos hacia el mismo.

Se comprobó que los recursos del Smartphone como la memoria caché, batería y consumo de datos son apenas afectados por el uso de la aplicación.

## **5.2. Recomendaciones**

Se recomienda implementar un interruptor físico o virtual de encendido/apagado de la pantalla en la manilla para alargar su tiempo de uso.

Verificar que los módulos de Bluetooth y del sensor ultravioleta no se encuentren conectados a la tarjeta Arduino cuando se intenta cargar un nuevo programa ya que puede producir interferencias con la alimentación y envío de datos.

Tener especial cuidado con la manilla en climas lluviosos, ya que el empaquetado no es hermético y podrían producirse daños en el circuito o sus componentes.

Al ser un prototipo destinado a usuarios que no poseen vasto conocimiento sobre el tema tratado, es adecuado crear interfaces intuitivas y fáciles de comprender. Además se propone mostrar los datos obtenidos en una página web para brindar mayor versatilidad de acceso a los datos.

Se recomienda crear una base de datos interna en el Smartphone ya que a pesar de que los datos se reciban correctamente desde la manilla en la aplicación móvil, si el Smartphone no tiene acceso a internet existirá pérdida de datos.

Se sugiere crear un algoritmo de reducción de uso de la batería atenuando el brillo de la pantalla o poniendo en espera los módulos no usados, además se aconseja mostrar el porcentaje de carga de la batería en la pantalla.



## REFERENCIAS

- Organización Mundial de la Salud. (31 de Marzo de 2016). *Temas de Salud: Radiación Ultravioleta*. Recuperado el 24 de Junio de 2017, de Sitio Web de Organización Mundial de la Salud: [http://www.who.int/topics/ultraviolet\\_radiation/es/](http://www.who.int/topics/ultraviolet_radiation/es/)
- Organización Mundial de la Salud. (2003). *Índice UV Solar Mundial: Guía Práctica*.
- American Cancer Society. (19 de Abril de 2017). *Prevención y Detección Temprana del Cáncer de Piel*. Recuperado el 8 de Diciembre de 2017, de Sitio web de American Cancer Society: <https://www.cancer.org/es/cancer/cancer-de-piel/prevencion-y-deteccion-temprana/que-el-cancer-de-piel.html>
- SOLCA Quito. (Septiembre de 2017). *Incidencia del cáncer en Quito (2011 - 2013)*. Quito, Pichincha, Ecuador.
- Cabrerizo, D. M. (2008). *Física y Química 4 ESO*. Madrid: Editex S. A.
- Lucas Hernández, C. G. (2002). *Introducción al análisis instrumental*. Barcelona: Editorial Ariel.
- Amestoy, J. (2013). *El Planeta Tierra en peligro*. Alicante: Editorial Club Universitario.
- Diffey, B. L. (1998). Ultraviolet Radiation and Human Health. *Clinics in Dermatology*(16), 83-89.
- Virgilio Carreño, A. R. (2002). *Índice UV para la población. España*. Madrid: Instituto Nacional de Meteorología.
- Trautinger, F. (2001). Mechanisms of photodamage of the skin and its functional consequences for skin ageing. *Clinical and Experimental Dermatology*, 26, 573-577.
- Clydesdale, G. J., Dandie, G. W., & Muller, H. K. (2001). Ultraviolet light induced injury: Immunological and inflammatory effects. *Immunology and Cell Biology*, 79, 547-568.

González-Púmariega, M., Tamayo, M. V., & Sánchez-Lamar, Á. (2009). La radiación ultravioleta.

Su efecto dañino y consecuencias para la salud humana. *Theoria*, 18(2), 69-80.

Instituto Nacional de Meteorología. (2001). Índice UV para la población. Islas Canarias. Madrid.

SOLCA Quito. (11 de Junio de 2017). Cáncer de Piel 2017. Quito, Pichincha, Ecuador.

Stellman, J. M. (2001). *Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo*. Madrid: Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.

Cordero, J. E. (2008). *Agentes Físicos Terapéuticos*. La Habana: ECIMED.

Institute, I. I. (5 de Abril de 2018). *Store Arduino*. Obtenido de Sitio web de Arduino:

<https://store.arduino.cc/usa/arduino-mini-05>

Udayakumar.G.Kulkarni. (2017). *Arduino: A Begineer's Guide*.

Jisda. (10 de Julio de 2018). *Sensor UV*. Obtenido de Sitio web de Alexnld:

<https://alexnld.com/product/5pcs-dc-3-3-5v-0-1ma-uv-detection-sensor-module-ultraviolet-ray-sensor-module-for-arduino-detect-uv-wavelength-200-370nm/>

Arduino. (2018). *Arduino*. Obtenido de <https://www.arduino.cc>

Daniel, E. V. (2016). *Diseño e implementación de un prototipo electrónico para medir el nivel de servivio afectado/entregado por los ISP en la redes de ultima milla hacia los usuarios residenciales*. Sangolquí.

Naukri.com. (Enero de 2008). *www.linuxforu.com*. Obtenido de [www.linuxforu.com](http://www.linuxforu.com):

[https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/30551848/android--tech.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1531933540&Signature=SBZ%2BT6HU7xPU2W5yFTPPrHkvMSBk%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DWhat\\_is\\_Android.pdf](https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/30551848/android--tech.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1531933540&Signature=SBZ%2BT6HU7xPU2W5yFTPPrHkvMSBk%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DWhat_is_Android.pdf)

- M. Campaña, D. P. (2016). *Desarrollo e implementacion de una aplicación basada en realidad aumentada para visualizar zonas de riesgo y rutas de escape en el caso de una posible explosion del volcán Cotopaxi* . Sangolquí.
- Silva, A. M. (2015). *Fuente hibrida con bateria LiPo, supercapacitadores y fotoceldas para alimentar un vehiculo aereo no tripulado*. Mexico.
- H. Báez, D. B. (21 de 4 de 2016). *Centro de información y conocimiento*. Obtenido de Centro de información y conocimiento: <https://dspace.umad.edu.mx/handle/11670/271>
- Huggins. (2008). *Advanced Batteries: Materiales Science Aspects*. New York.
- Banchi, E. (2011). *Elementos de electrquimica: Electrólisis y acumuladores reversibles*. Santiago, Chile.
- Astudillo, S. (2011). *Modelación de generador fotovoltaico y banco de baterías de plomo ácido como elementos de una microred*. Chile.
- BuyDisplay. (2017). *TFT LCD Display Datasheet*. Recuperado el 25 de Octubre de 2018, de Buy Display: [https://www.buydisplay.com/download/manual/ER-TFT1.44-1\\_Datasheet.pdf](https://www.buydisplay.com/download/manual/ER-TFT1.44-1_Datasheet.pdf)
- MikroElectronica. (2013). *Li-Polymer battery datasheet*. Recuperado el 25 de Septiembre de 2018, de Mikro Electronica: <https://download.mikroe.com/documents/datasheets/battery-datasheet.pdf>
- Haoyu. (2018). *TFT LCD with SPI interface*. Obtenido de Sitio Web de Haoyu Electronics: <https://www.hotmcu.com/144-128x-128-tft-lcd-with-spi-interface-p-161.html>
- iTeadStudio. (18 de Junio de 2010). *HC-05* . Obtenido de Sitio Web de Componentes101: [https://components101.com/sites/default/files/component\\_datasheet/HC-05%20Datasheet.pdf](https://components101.com/sites/default/files/component_datasheet/HC-05%20Datasheet.pdf)

- NanJing. (14 de Octubre de 2017). *Cargador de Baterías de Litio*. Obtenido de Sitio Web de NanJing Top Power ASIC Corp.:  
<https://dlnmh9ip6v2uc.cloudfront.net/datasheets/Prototyping/TP4056.pdf>
- Plus, O. (16 de Noviembre de 2017). *One Plus 5T*. Obtenido de Sitio Web de One Plus:  
<https://www.oneplus.com/5t>
- DHGate. (2018). *Flexible Solar Panel Amorphous Silicon*. Obtenido de Sitio web de DHGate:  
<https://www.dhgate.com/product/buheshui-0-7w-1-5v-flexible-solar-panel-amorphous/417491899.html>
- Electronics, S. (2018). *Ultraviolet(UV) Light Radiation Sensor*. Obtenido de Sitio Web de Sunrom Electronics: <https://www.sunrom.com/p/ultraviolet-uv-light-radiation-sensor>
- EOC. (2018). *UV Detector EOC*. Obtenido de Sitio web de Electro Optical Components:  
<http://www.eoc-inc.com/genicom/GUVA-S12SD.pdf>
- Versatis. (2 de 12 de 2018). *Manilla medidora de rayos UV*. Obtenido de Sitio Web de Estampados Munoz: [http://www.estampadosmunoz.com/espanol/productos\\_3.asp?id\\_item=1406](http://www.estampadosmunoz.com/espanol/productos_3.asp?id_item=1406)
- FTLab. (2 de 12 de 2018). *Smart Uv Checker*. Obtenido de Sitio Web de AllSmartLab:  
<http://allsmartlab.com/eng/smart-uv-checker-fuv-001/>
- Sinc. (20 de 09 de 2018). *Tecnologías Sinc*. Obtenido de Agencia Sinc España:  
<https://www.agenciasinc.es/Noticias/Pulseras-personalizadas-vigilan-la-radiacion-ultravioleta-que-llega-a-tu-piel>
- Ponpe. (2 de 12 de 2018). *RGM-UV Series*. Obtenido de Ponpe Instruments:  
<https://en.ponpe.com/เครื่องวัดแสงยูวี/rgm-uv-series-detail.html>

SmartSun. (4 de 12 de 2018). *UV Wristband*. Obtenido de Smartsun band:  
<https://smartsunband.com/uv-wristbands/>

Espressif. (3 de 12 de 2019). *Esp32 Overview*. Obtenido de Sitio web de Espressif:  
<https://www.espressif.com/en/products/hardware/esp32/overview>

Nextion. (5 de 12 de 2018). *Nextion basic hmi display*. Obtenido de Nextion Tech:  
<https://nextion.tech/basic-series-introduction/>

American Cancer Society. (19 de Abril de 2017). *Prevención y detección temprana del cáncer de piel*. Recuperado el 28 de Junio de 2017, de Sitio Web de American Cancer Society:  
<https://www.cancer.org/es/cancer/cancer-de-piel/prevencion-y-deteccion-temprana/que-es-la-radiacion-de-luz-ultravioleta.html#referencias>

Aguilera, A. J. (2011). El índice ultravioleta en el ámbito laboral: un instrumento educativo. *Medicina y seguridad del trabajo*, 319-330.

Wolff, K., Johnson, R. A., & Saavedra, A. P. (2014). *Fitzpatrick. Atlas de Dermatología Clínica*. Mexico: McGraw-Hill Interamericana Editores.