

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
SEDE QUITO**

**CARRERA:  
INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:  
INGENIERAS ELECTRÓNICAS**

**TEMA:  
DESARROLLO DE UN PROTOTIPO ELECTRÓNICO PARA EL  
MONITOREO DE NIÑOS DENTRO DE UN ÁREA ESTABLECIDA EN  
ESPACIOS PÚBLICOS.**

**AUTORAS:  
PAOLA ELIZABETH FLOR BONIFAZ  
ROSA ALEXANDRA ROJAS CALUPIÑA**

**TUTOR:  
ANÍBAL ROBERTO PÉREZ CHECA**

**Quito, agosto del 2017**

## Cesión de derechos de autor

Nosotras Paola Elizabeth Flor Bonifaz, con documento de identificación N° 1719137109 y Rosa Alexandra Rojas Calupiña con documento de identificación N° 1723540033, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autoras del trabajo de titulación intitulado: “DESARROLLO DE UN PROTOTIPO ELECTRÓNICO PARA EL MONITOREO DE NIÑOS DENTRO DE UN ÁREA ESTABLECIDA EN ESPACIOS PÚBLICOS”, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingenieras Electrónicas, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en nuestra condición de autoras nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribimos este documento en el momento que hacemos entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.



.....  
Paola Elizabeth Flor Bonifaz  
1719137109



.....  
Rosa Alexandra Rojas Calupiña  
1723540033

Quito, agosto de 2017

### **Declaratoria de coautoría del docente tutor**

Yo declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el trabajo de titulación **DESARROLLO DE UN PROTOTIPO ELECTRÓNICO PARA EL MONITOREO DE NIÑOS DENTRO DE UN ÁREA ESTABLECIDA EN ESPACIOS PÚBLICOS** realizado por Rosa Alexandra Rojas Calupiña y Paola Elizabeth Flor Bonifaz, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana, para ser consideradas como trabajo final de titulación.

Quito, agosto de 2017



---

Aníbal Roberto Pérez Checa

1711423440

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por darme fortaleza en este arduo camino.

A mis padres por haberme brindado el apoyo no solo en esta etapa tan importante de mi vida sino en todo momento ofreciéndome lo mejor y buscando lo mejor para mi persona. A mi hermana y a mi sobrina muchas gracias por ser mi constante motivación y ayudarme a concluir mi proyecto de titulación.

Al Ingeniero Roberto Pérez, director de tesis, por su valiosa guía y asesoramiento en la realización de la misma.

Al Ingeniero Sebastian Rojas por brindarme asesoría técnica oportuna.

*Paola Elizabeth Flor Bonifaz*

Primordialmente agradezco a Dios por darme la fuerza y cuidarme toda la vida. A mis padres quienes confiaron en mí, su apoyo incondicional permitieron que logre culminar los estudios universitarios.

Gracias a mi tutor de tesis Ing. Roberto Pérez quién nos apoyó y supo aconsejar en el transcurso de la elaboración de este proyecto.

Agradezco a todas las personas que de una u otra manera apoyaron la realización de este proyecto, con sus buenos ánimos o recomendaciones fueron de gran ayuda para culminar el trabajo.

Gracias a mi familia, hermanos, primos y esposo por ser parte importante de toda la vida estudiantil, con sus enseñanzas ayudaron a entender parte de las asignaturas que muchas veces se volvían complicadas. Finalmente, a mi hijo por llegar a ser parte de mi inspiración.

*Rosa Alexandra Rojas Calupiña*

## DEDICATORIA

Esta tesis se la dedico a Dios quién supo guiarme por el buen camino, darme fuerzas para seguir adelante, enseñándome a encarar las adversidades sin desfallecer en el intento.

A mi familia, por su apoyo, consejos, comprensión, amor, ayuda en los momentos difíciles y por ayudarme con los recursos necesarios para estudiar. Me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi carácter, mi empeño, mi perseverancia, mi coraje para conseguir mis objetivos.

*Paola Elizabeth Flor Bonifaz*

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme permitido el haber llegado hasta este momento tan importante de mi vida estudiantil. A mi padre por siempre estar en mi vida, brindarme su cariño y su apoyo. A mi madre por ser el pilar más importante, brindarme su amor y ser la persona que me ha acompañado en mi vida estudiantil, a mis hermanos por su cariño y buen ejemplo. A mi esposo e hijo quienes han sido lo más importante y mi empuje para seguir adelante. A mis amigos, profesores quienes formaron parte de cada ámbito de la vida estudiantil.

*Rosa Alexandra Rojas Calupíña*

## ÍNDICE GENERAL

Cesión de derechos de autor.....	ii
Declaratoria de coautoría del docente tutor .....	iii
AGRADECIMIENTOS .....	iv
DEDICATORIA .....	v
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
INTRODUCCIÓN .....	15
<b>1. CAPÍTULO 1.....</b>	<b>17</b>
<b>GENERALIDADES.....</b>	<b>17</b>
1.1. Redes Inalámbricas.....	17
1.1.1. Clasificación de las redes inalámbricas.....	17
1.2. Red de área personal inalámbrica (Wireless Personal Area Network WPAN).....	17
1.2.1. Estándar IEEE 802.15.1 Bluetooth .....	18
1.3. Red de área local inalámbrica (Wireless Local Area Network WLAN).....	18
1.3.1. Estándar IEEE 802.11 y sus principales variantes para WLAN .....	18
1.4. Microcontroladores .....	19
1.5. Técnica de Localización basada en RSS .....	19
1.6. Método Matemático Mínimos Cuadrados .....	20

1.6.1.	Ajuste de Curvas .....	20
1.6.2.	Regresión por mínimos cuadrados .....	21
1.7.	Servicios de Android .....	21
<b>2.</b>	<b>CAPÍTULO 2.....</b>	<b>23</b>
	<b>SELECCIÓN DE COMPONENTES PARA EL DIPOSITIVO ELECTRÓNICO DE MONITOREO .....</b>	<b>23</b>
2.1.	Comunicación Inalámbrica.....	23
2.1.1.	Módulos Bluetooth.....	24
2.1.2.	Módulos Wi-Fi.....	25
2.1.3.	Bluetooth BLE 4.0 vs Wi-Fi ESP8266 .....	26
2.2.	Microcontroladores .....	27
2.3.	Actuadores.....	29
2.3.1.	Buzzer .....	29
2.3.2.	Motores de vibración.....	31
2.4.	Batería .....	32
2.5.	Base para configuración del dispositivo.....	34
2.5.1.	Comunicación inalámbrica.....	34
2.5.2.	Tarjeta controladora .....	34
2.6.	Diagrama de Bloques del DEM.....	35
<b>3.</b>	<b>CAPÍTULO 3.....</b>	<b>37</b>
	<b>IMPLEMENTACIÓN .....</b>	<b>37</b>
3.1.	Cálculo distancia .....	37

3.1.1.	Análisis de distancia usando módulo Bluetooth BLE4.0.....	37
3.1.2.	Análisis de distancia usando módulo Wi-Fi ESP8266.....	39
3.2.	Placa de circuito impreso (PCB) .....	41
3.3.	Software.....	42
3.3.1.	Software de aplicación .....	42
3.3.2.	Software del DEM.....	44
3.4.	Hardware .....	46
3.4.1.	Control de Alarma.....	47
3.4.2.	Botón de Emergencia .....	47
3.4.3.	Pulsera Anti arranque .....	48
3.4.4.	Carga de Batería.....	49
3.4.5.	Conexión Total.....	49
<b>4.</b>	<b>CAPÍTULO 4.....</b>	<b>52</b>
	<b>PRUEBAS Y RESULTADOS .....</b>	<b>52</b>
<b>5.</b>	<b>CAPÍTULO 5.....</b>	<b>70</b>
	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>70</b>
5.1.	Conclusiones .....	70
5.2.	Recomendaciones .....	72
<b>6.</b>	<b>LISTA DE REFERENCIAS .....</b>	<b>74</b>



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: Clasificación de redes inalámbricas .....	17
Figura 2.1: Módulo BLE 4.0 .....	26
Figura 2.2: Módulo ESP8226.....	27
Figura 2.3: Arduino Nano. ....	28
Figura.2.4: Tensilica L106 32-bit. ....	29
Figura 2.5: Mini Piezo Buzzer. ....	30
Figura 2.6: Mini Buzzer 5V. ....	30
Figura 2.7: Mini motor de vibración excéntrico. ....	31
Figura 2.8: Mini motor de vibración tipo botón.....	32
Figura 2.9: Batería Ion-Litio. ....	33
Figura 2.10: Batería LIPO.....	34
Figura 2.11: Bluetooth HC-05. ....	34
Figura 2.12: Diagrama de bloques del DEM con el módulo BLE4.0.....	36
Figura 2.13: Diagrama de bloques del DEM con el módulo ESP8266.....	36
Figura 3.1: Gráfica de tendencia de la curva RSSI Bluetooth4.0 vs distancia.....	39
Figura 3.2: Gráfica de tendencia de la curva RSSI del Smartphone vs distancia. ....	41
Figura 3.3: PCB del DEM.....	42
Figura 3.4: Diagrama de Flujo Software de aplicación.....	43
Figura 3.5: Diagrama de Flujo botón de interrupción de la aplicación.....	44
Figura 3.6: Diagrama de Flujo Software del DEM .....	45
Figura 3.7: Diagrama de Flujo pulsador de interrupción y correa anti arranque del DEM.....	46
Figura 3.8: Conexión Arduino módulo ESP8266. ....	47
Figura 3.9: Conexión Vibrador y Buzzer.....	47

Figura 3.10: Conexión de un pulsante en puerto GPIO. ....	48
Figura 3.11: Conexión Correa con puertos GPIO.....	48
Figura 3.12: Sistema de Carga de la Batería. ....	49
Figura 3.13: Conexión de todos los elementos. ....	50
Figura 3.14: Placa PCB del DEM. ....	50
Figura 3.15: Montaje de la placa sobre la base. ....	51
Figura 3.16: Dispositivo Electrónico de Monitoreo DEM.....	51
Figura 4.1: Representación gráfica del resultado de la pregunta 1 .....	52
Figura 4.2: Representación gráfica del resultado de la pregunta 2 .....	53
Figura 4.3: Representación gráfica del resultado de la pregunta 3 .....	54
Figura 4.4: Representación gráfica del resultado de la pregunta 4 .....	55
Figura 4.5: Representación gráfica del resultado de la pregunta 5 .....	56
Figura 4.6: Representación gráfica del resultado de la pregunta 6. ....	57
Figura 4.7: Gráfica respuesta pregunta 7 .....	58
Figura 4.8 Gráfica respuestas pregunta 8.....	59
Figura 4.9: Gráfica respuesta pregunta 9 .....	60
Figura 4.10: Gráfica respuesta pregunta 10 .....	61
Figura 4.11: Gráfica respuesta pregunta 11 .....	62
Figura 4.12: Gráfica respuesta pregunta 12 .....	63
Figura 4.13: Gráfica respuesta pregunta 13 .....	64
Figura 4.14: Gráfica respuesta pregunta 14 .....	65
Figura 4.15: Gráfico respuesta pregunta 15 .....	66
Figura 4.16: Gráfica resultado pregunta 16.....	67
Figura 4.17: Gráfica respuesta pregunta 17 .....	68
Figura 4.18: Gráfica respuesta pregunta 18 .....	69

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1: Principales variantes del estándar IEEE 802.11. ....	19
Tabla 2.1: Características módulos Bluetooth comerciales .....	24
Tabla 2.2: Características módulos Wi-Fi comerciales.....	25
Tabla 2.3: Comparación entre módulo BLE4.0 y módulo ESP8266. ....	26
Tabla 2.4: Comparación microcontroladores. ....	28
Tabla 2.5: Comparación Buzzers. ....	30
Tabla 2.6: Comparación mini motores de vibración.....	31
Tabla 2.7: Comparación Baterías de Ion-Litio contra Baterías de polímeros de litio ion (LIPO).....	33
Tabla 2.8: Características Arduino Uno.....	35
Tabla 3.1: Obtención de datos de RSSI con módulo Bluetooth4.0.....	38
Tabla 3.2: Obtención de datos de RSSI con módulo Wi-Fi.....	40
Tabla 4.1: Resultados pregunta 1 .....	52
Tabla 4.2: Resultado pregunta 2.....	53
Tabla 4.3: Resultado pregunta 3.....	54
Tabla 4.4: Resultado pregunta 4.....	55
Tabla 4.5: Resultados pregunta 5 .....	56
Tabla 4.6: Resultado de la pregunta 6.....	57
Tabla 4.7: Respuestas pregunta 7.....	58
Tabla 4.8: Respuestas pregunta 8.....	59
Tabla 4.9: Respuestas pregunta 9.....	60
Tabla 4.10: Respuesta pregunta 10 .....	61
Tabla 4.11: Respuesta pregunta 11 .....	62
Tabla 4.12: Respuestas pregunta 12.....	63

Tabla 4.13: Respuesta pregunta 13 .....	64
Tabla 4.14: Respuesta pregunta 14 .....	65
Tabla 4.15: Respuesta pregunta 15 .....	66
Tabla 4.16: Respuesta pregunta 16 .....	67
Tabla 4.17: Respuesta pregunta 17 .....	68
Tabla 4.18: Respuesta pregunta 18 .....	69

## RESUMEN

El monitoreo de objetos a través de diferentes sistemas electrónicos es muy usado, actualmente existen empresas que ofrecen pequeños chips o dispositivos de rastreo y localización de objetos basándose en la tecnología de localización satelital GPS, pero el error de posición es aproximadamente de 10 a 20 metros con respecto a las coordenadas reales del dispositivo. Es así que este proyecto se basa en la implementación de un dispositivo que permita monitorear niños/as en lugares abiertos con el fin de prevenir el extravío por descuido de sus tutores. Mediante la realización de encuestas iniciales para definir las características del prototipo, se ha buscado un dispositivo y tecnología que se adapte a las necesidades de los usuarios, encontrando como solución la tecnología WI-FI (Wireless Fidelity), que permitió establecer una comunicación inalámbrica con el dispositivo de monitoreo; usando el parámetro indicador de potencia RSSI que se obtuvo de la comunicación inalámbrica, se determina la distancia entre el dispositivo electrónico de monitoreo (DEM) y un smartphone que puede realizar la administración de la información que recibe el usuario mediante una interface gráfica para sistemas operativos Android. Una característica importante del uso de WI-FI fue que ésta presenta estabilidad en la tendencia de la señal RSSI y es compatible con la mayoría de Dispositivos Smart. Con el producto final se realizaron pruebas de campo con el DEM y la aplicación creada, obteniendo una aceptación del 73% de una muestra poblacional de 100 individuos.

Palabras claves: desarrollo, prototipo, electrónico, monitoreo, niños, espacios públicos.

## **ABSTRACT**

The monitoring of objects through different electronic systems is widely used, there are currently companies offering small chips or devices tracking and tracing objects based on satellite GPS location technology, but the position error is approximately 10 to 20 Meters with respect to the actual coordinates of the device. Thus the project is based on the implementation of a device that allows children in open places in order to prevent misplacement by the neglect of the substitutes. By conducting initial surveys to define the characteristics of the prototype, it sought a device and technology that adapts to the needs of users, finding as a solution the technology WI-FI (Wireless Fidelity), which allowed the establishment of wireless communication With the monitoring device; Using the parameter RSSI energy indicator that was obtained from the wireless communication, the distance between the electronic monitoring device (DEM) and a smartphone that can perform the administration of the information that the user receives with a graphical system interface Operational Android. An important feature of using WI-FI was that it exhibits stability in the RSSI signal trend and is compatible with most Smart Devices. With the final product, the field tests were performed with the DEM and the application created, obtaining an acceptance of 73% of a population sample of 100 individuals.

Keywords: development, prototype, electronic, monitoring, children, public spaces.

## INTRODUCCIÓN

La función de este proyecto es monitorear los movimientos de un (Dispositivo Electrónico de Monitoreo DEM) dentro de un área preestablecida. Para esto se usará el estándar Wi-Fi protocolo IEEE 802.11 el cual establece un indicador de la calidad de la potencia de la señal recibida (Receive Signal Strength Indicator RSSI). Usado para determinar la calidad de comunicación entre dos puntos al crear una WLAN.

El indicador de potencia RSSI se usa para determinar la permanencia del DEM mediante la recolección de información previa de puntos de referencia y obteniendo la ecuación de tendencia de la curva usando el método de mínimos cuadrados, el algoritmo encontrado será procesado por el microcontrolador del DEM y la emisión de alarmas así como ciertos parámetros de configuración serán manipulados por medio de una interface de usuario.

Wi-Fi ofrece una solución económica y una mayor eficiencia por el alcance y estabilidad frente a perturbaciones en la potencia de la señal recibida en el medio de transmisión electromagnético.

### **Objetivo general**

Desarrollar un prototipo electrónico para el monitoreo de niños en espacios públicos mediante el uso de tecnología inalámbrica.

### **Objetivos específicos**

- Realizar un estudio de la afinidad de niños entre 2 a 10 años con el dispositivo para establecer las especificaciones del prototipo.
- Analizar las diferentes formas de comunicación inalámbrica para la selección de la que se ajuste a la solución del problema planteado.
- Diseñar el hardware y software que determine la distancia a la que se encuentra el dispositivo con respecto al receptor.

- Diseñar una aplicación para un equipo receptor que sea sencillo de manejar por el usuario y sirva de interface para el monitoreo del niño.
- Verificar el funcionamiento del dispositivo mediante la realización de pruebas de campo para validarlo.

El proyecto se divide en 5 capítulos.

El primer capítulo presenta los conceptos del método matemático para aproximación de los datos, una red inalámbrica y sus principales variantes así como el concepto de cada uno de los elementos que componen el prototipo de monitoreo, el funcionamiento y cómo se comporta cada uno de ellos.

El capítulo dos explica cómo se seleccionaron los componentes del prototipo de monitoreo con su respectiva justificación, comparación de módulos de comunicación inalámbrica para selección de la tecnología usada en la estimación de distancia, la lógica de programación para el sistema de emisión, recepción de alarmas y aproximación de distancia.

En el capítulo tres se desarrollará la explicación de cómo se armó de manera estructural el sistema de monitoreo, la configuración para emisión y recepción de alarmas y pruebas parciales de funcionamiento.

El capítulo 4 presenta pruebas y resultados obtenidos después de implementar el DEM y realizar la encuesta de valoración de producto.

El capítulo 5 contiene las conclusiones observadas en el presente trabajo.



# CAPÍTULO 1

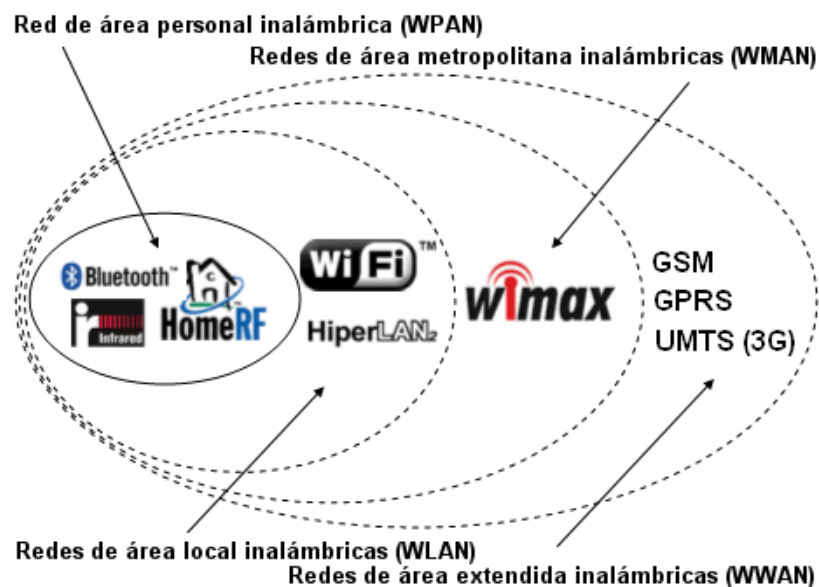
## GENERALIDADES

### 1.1. Redes Inalámbricas

Las redes inalámbricas basan su funcionamiento en ondas electromagnéticas para enviar y recibir datos utilizando el aire como medio de transmisión, trabajan con varios tipos de cobertura facilitando de esa manera el acceso a lugares donde es complicado el uso de cables para la comunicación, y cuando los dispositivos finales no permanecen en un solo lugar. (López, 2002)

#### 1.1.1. Clasificación de las redes inalámbricas

Figura 1.1: Clasificación de redes inalámbricas



Clasificación de redes inalámbricas según el área de cobertura. (CCM, 2016)

#### 1.2. Red de área personal inalámbrica (Wireless Personal Area Network WPAN)

Se restringe a una comunicación en un entorno reducido en la que dispositivos se

comunican entre sí. Permite una conexión de un portátil, un reproductor mp3, una agenda electrónica, etc. comunicándose entre sí en una red de área local con pequeña cobertura y sin infraestructura. (Matheus, 2012)

### **1.2.1. Estándar IEEE 802.15.1 Bluetooth**

Es la norma que define un Standard global de comunicación inalámbrica en una WPAN, posibilita la transmisión de voz y datos entre diferentes equipos mediante un enlace por radiofrecuencia. Los principales objetivos que se pretende conseguir con esta norma son:

- Facilitar las comunicaciones entre equipos móviles y fijos.
- Eliminar cables y conectores entre éstos.
- Ofrecer la posibilidad de crear pequeñas redes inalámbricas y facilitar la sincronización de datos entre nuestros equipos personales. (CCM, 2016)

### **1.3. Red de área local inalámbrica (Wireless Local Area Network WLAN)**

WLAN es una clasificación de las redes inalámbricas trabajan con transmisiones entre los 11 Mbps a 54 Mbps, ofrecen frente a la red cableada movilidad, flexibilidad para realizar cambios en la red de forma sencilla y rápida, reduce el costo de recursos para implementar este tipo de red. Se la utiliza en hogares, oficinas, campus, etc. (Stallings, 2005)

#### **1.3.1. Estándar IEEE 802.11 y sus principales variantes para WLAN**

El estándar internacional define las características de una red de área local inalámbrica. Wi-Fi (Fidelidad inalámbrica) es el nombre de la certificación otorgada por el grupo Wi-Fi Alliance. Existen algunas variantes del estándar 802.11 que se las puede ver en la Tabla 1.1.

Tabla 1.1: Principales variantes del estándar IEEE 802.11.

Estándar	Ancho de Banda Maximo	Banda de Frecuencia	Compatibilidad	Observación
802.11 legacy	1 y 2 Mbps	2.4 GHz	-----	Dificultad de interoperabilidad entre equipos de diferentes marcas
802.11 a	54 Mbps	5 GHz	-----	Más robustos frente a interferencias multicamino, restringido a puntos con línea de vista
802.11 b	11 Mbps	2.4 GHz	-----	Expuesto a desvanecimientos de señal debido a multicamino, interferencia en el rango saturado de 2.4 GHz
802.11 g	54 Mbps	2.4 GHz	802.11 b	Más robustos frente a interferencias multicamino, interferencia en el rango saturado de 2.4 GHz
802.11 n	600 Mbps -110 Mbps	2.4 GHz y 5 GHz	802.11 a/b/g	Utiliza MIMO

Variantes del estándar IEEE 82.11. Elaborado por: Alexandra Rojas y Paola Flor.

#### 1.4. Microcontroladores

Los microcontroladores están concebidos fundamentalmente para ser utilizados en aplicaciones puntuales, es decir, aplicaciones donde debe realizar un pequeño número de tareas al menor costo posible. En estas aplicaciones el microcontrolador ejecuta un programa almacenado permanentemente en su memoria el cual trabaja con algunos datos almacenados temporalmente e interactúa con el exterior a través de las líneas de entrada y salida que dispone. El microcontrolador es parte de la aplicación, es un controlador incrustado o embebido en la aplicación. (Areny, 2007)

#### 1.5. Técnica de Localización basada en RSS

La técnica se basa en la atenuación sufrida por la señal y requiere medidas temporales precisas, lo que supone un inconveniente en el entorno de interiores. En este escenario, el canal de comunicaciones sufre lo que se conoce como la multitrayectoria de la señal

en el receptor, por las reflexiones que existen, la precisión de este método depende del área de cobertura del dispositivo inalámbrico.

Las técnicas de localización de terminal basadas en mediciones de la Potencia de Señal Recibida (Received Signal Strength, en inglés) son de complejidad reducida para ser implementadas, debido al hecho de que las mediciones del RSS están disponibles en el lado del terminal como parte de la operación estándar.

El principal problema con esta técnica es la precisión que alcanza debido a la variabilidad de la señal que sufre en el entorno de propagación de las ondas electromagnéticas. Esta técnica permite el aprovechamiento de múltiples mediciones históricas de la RSS recogidas mientras el terminal está en modo de reposo, estas mediciones del RSS se utilizan para estimar la posición del terminal, y esta estimación es procesada estadísticamente para mejorar la precisión de la medición del terminal. (Legarretaetxebarria, 2011)

## **1.6. Método Matemático Mínimos Cuadrados**

Es una técnica de análisis numérico para la optimización matemática, en la que, dados un conjunto de pares ordenados (variable independiente, variable dependiente), se intenta encontrar la función continua que describe el comportamiento de una señal o datos. El método busca la aproximación de los datos o un mejor ajuste de acuerdo con el criterio de mínimo error cuadrático. (Wikipedia, 2017)

### **1.6.1. Ajuste de Curvas**

Se utiliza cuando se tiene un conjunto de datos y se desea conocer valores intermedios no conocidos, o en el caso de que se desee una función que se ajuste a un número de valores concretos y posteriores usar la función para derivar nuevos valores.

“Ajustar una curva implica ajustar una función  $g(x)$  a un conjunto de datos  $(x_i, y_i)$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$ .  $g(x)$  puede ser un polinomio, una función lineal o combinación de funciones conocidas”. (Nakamura)

### 1.6.2. Regresión por mínimos cuadrados

La mejor manera de establecer una curva que represente la tendencia general de los datos observados cuándo las mediciones no son muy exactas o tienen asociado un error es el método de regresión lineal, cuyo método más sencillo es la regresión por mínimos cuadrados. (Romero, 2007)

En este método se pretende trazar la recta que más se acerque al conjunto de datos dado, a la cual se la llama “línea (recta) de regresión”, expresada matemáticamente:

$$Y = C_1x + C_2 + Error \quad Ec. (1.1)$$

Los valores de  $C_1$ ,  $C_2$  y el Error, se pueden calcular de la siguiente manera:

$$C_1 = \frac{n\sum X_i Y_i - \sum X_i \sum Y_i}{n\sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}$$

$$C_2 = \frac{\sum Y_i}{n} - C_1 \frac{\sum X_i}{n}$$

$$Error = \sum (Y_i - C_2 - C_1 X_i)^2 \quad Ec. (1.2)$$

### 1.7. Servicios de Android

Un servicio (en inglés service) es un componente de una aplicación de Android que se ejecuta en segundo plano, sin interactuar con el usuario (no tiene interfaz de usuario) y realiza operaciones de larga duración. (Robledo Sacristán & Robledo Fernández, 2012)

La plataforma Android ofrece una gran cantidad de servicios predefinidos en el sistema a los que podemos acceder a través de las clases de tipo Manager. En una Actividad podemos acceder a estos servicios a través de método `getSystemService()`.

Un componente de una aplicación Android puede iniciar un servicio que seguirá funcionando en segundo plano, incluso si el usuario cambiara a otra aplicación.

Un servicio puede funcionar de dos modos:

- Autónomo: cuando un componente de la aplicación por ejemplo, una actividad, inicia el servicio mediante el método `StartService()`. Una vez arrancado, el servicio puede ejecutarse en segundo plano de forma indefinida. Normalmente, un servicio iniciado de esta forma realiza una única operación y no devuelve el resultado al componente que lo inicia. Por ejemplo, puede descargar de Internet un archivo o cargarlo. Cuando la operación finaliza, el servicio debe detenerse.

- Dependiente o Ligado (en inglés a este modo se lo denomina "bind"): cuando un componente de la aplicación se une al servicio mediante el método `bindService()`. Un servicio ligado ofrece una interfaz de tipo cliente-servidor que permite a los componentes de una aplicación interactuar con él enviando peticiones y recibiendo su resultado. Un servicio ligado sólo se ejecuta mientras otro componente de la aplicación está unido a él.

Un servicio puede funcionar de las dos formas anteriores simultáneamente, es decir, se puede arrancar en modo Autónomo (de manera indefinida) y también en modo Ligado. (Robledo Sacristán & Robledo Fernández, 2012)

## **CAPÍTULO 2**

### **SELECCIÓN DE COMPONENTES PARA EL DIPOSITIVO ELECTRÓNICO DE MONITOREO**

Para la selección de componentes del DEM se basó en encuestas realizadas a padres de familia de niños con edades comprendidas entre 2 y 10 años (público objetivo), la misma que se encuentra en el Anexo 1. Las preguntas tienen la finalidad de proporcionar una visión general de las características que debería tener el producto como por ejemplo: se determinará el tipo de sistema operativo más utilizado por el público objetivo que defina el entorno de desarrollo de la aplicación, el alcance que debe tener el dispositivo que se definiría con la distancia a la que los padres o tutores a cargo permiten alejarse a los menores, el tipo de alarmas como vibratorias, audibles, luminosas, entre otras y el tipo de batería que se utilizará para energizar el DEM .

#### **2.1. Comunicación Inalámbrica**

Para la medición del Indicador de Potencia de Señales Recibidas (RSSI por su nombre en inglés), se deberá considerar tecnologías inalámbricas que cumplan las ciertas características, la principal deberá ser la facilidad para establecer una conexión con un Smartphone o Tablet, debido a que de acuerdo con los resultados obtenidos en las encuestas realizadas se desarrollará una aplicación para el sistema operativo Android que facilite el monitoreo de niños en espacios públicos.

Las tecnologías inalámbricas que cumplen con la característica de una comunicación fácil con dispositivos inteligentes es el protocolo de comunicación Bluetooth y el protocolo de comunicación Wi-Fi, por lo que se realizará el estudio comparativo de varios módulos de estas tecnologías para escoger el que mejor se ajuste a las necesidades del prototipo considerando las siguientes características:

- Seguridad de conexión
- Voltaje de alimentación bajo, es decir que pueda trabajar en Low energy.
- Rango de propagación de las ondas igual o mayor a 10 metros.
- Alta velocidad de transmisión.

- Sensibilidad aceptable.
- Bajo consumo de corriente en modo normal conectado, en modo de transmisión y recepción de datos.

### 2.1.1. Módulos Bluetooth

Tabla 2.1: Características módulos Bluetooth comerciales

	HC-05	HC-06	RN-41	BLE 4.0
Seguridad	Autenticación y encriptación	Autenticación y encriptación	Autenticación y encriptación	Autenticación y cifrado AES-128
Voltaje de alimentación	3,6V a 5V	3,6V a 5V	3V a 5V	Low Energy de 1,8V a 3,6V
Alcance	5m a 10m	5m a 10m	100m	100m
Velocidad de transmisión	38400 bps ó 9600 bps	38400 bps ó 9600 bps	1200 bps hasta 921Kbps	24Mbps
Sensibilidad	-80 dbm	-80 dbm	-80 dbm	-92.5 dbm
Corriente en modo normal conectado	30-40 mA	30-40 mA	30 mA	12 mA
Corriente en transmisión	8 mA	8 mA	100 mA	16 mA
Corriente en recepción	8 mA	8 mA	60 mA	16 mA
Maestro	Si	No	Si	SI
Esclavo	Si	Si	Si	SI

Comparación entre las características de los Bluetooth comerciales, Elaborado por: Alexandra Rojas y Paola Flor.

En base a las características de la Tabla 2.1 se decidió elegir el módulo Bluetooth BLE 4.0 debido a que a comparación del HC-05 y HC-06 que tienen un alcance de 10 metros el módulo BLE 4.0 tiene un alcance de 100m lo que satisface la característica de que el dispositivo debe tener un alcance de máximo 10 metros ya que debido a la reflexión de las ondas existen pérdidas significativas de cobertura de señal y a comparación del RN-41 tiene un voltaje de alimentación menor que va desde 1,8V a 3,6V (Low energy).



### 2.1.2. Módulos Wi-Fi

Tabla 2.2: Características módulos Wi-Fi comerciales.

	ESP8266	RN-XV Wifly	ESP-12E
Seguridad	Autenticación: WPA/WPA2 Encriptación: WEP/TKIP/AES	Autenticación: WPA2-PSK Encriptación: WEP, WPA-PSK (TKIP)	Autenticación: WPA/WPA2 Encriptación: WEP/TKIP/AES
Voltaje de alimentación	3V a 3,6V	3V a 3,7V	3V a 3,6V
Alcance	1Km teórico	1Km teórico	1Km teórico
Velocidad de transmisión	54Mbps	54Mbps	54Mbps
Sensibilidad	-75dbm	-83dbm	-75dbm
Corriente en modo normal conectado	5uA	4uA	5uA
Corriente en transmisión	170mA	180mA	170mA
Corriente en recepción	50mA	40mA	50mA
Número de pines	8	47	22

Comparación entre características principales de módulos Wi-Fi comerciales, Elaborado por:  
Alexandra Rojas y Paola Flor.

Para la elección de módulos Wi-Fi como se puede ver en la Tabla 2.2 la sensibilidad del módulo Wifly es de -83dbm la misma que está fuera del rango aceptable por lo tanto dicho módulo no cumple con una de las características más importantes que exige el prototipo. Entre los módulos ESP8266 y el ESP-12E se puede evidenciar que tienen características similares excepto la del número de pines que para el diseño del prototipo se exige que los módulos deben tener tamaño reducido y gracias a que el módulo Wi-Fi ESP8266 tiene tan solo 6 pines lo que es suficiente para el diseño del DEM este será elegido para las primeras pruebas de distancias vs RSSI.

### 2.1.3. Bluetooth BLE 4.0 vs Wi-Fi ESP8266

En la Tabla 2.3 se mostrarán varias ventajas y desventajas entre estos módulos de comunicación inalámbrica para así establecer los componentes que se utilizarán para las mediciones de distancia vs RSSI.

Tabla 2.3: Comparación entre módulo BLE4.0 y módulo ESP8266.

	BLE 4.0	ESP8266
Capacidad de medir RSSI	NO	SI
Tiene microcontrolador incluido	NO	SI (Tensilica L106 32-bit)
Tiene memoria FLASH incluida	SI (TC35678)	SI (BG25Q80A (ISP))
Tiene memoria EEPROM incluida	SI	SI (Emulada en la memoria flash interna)
Tamaño	27mm x 13mm	24.75mm x 14.5mm
Precio	\$10	\$5

Comparación de las características electrónicas del BLE4.0 y ESP-8226, Elaborado por: Alexandra Rojas y Paola Flor.

Figura 2.1: Módulo BLE 4.0



Aspecto físico del módulo BLE4.0, (Tinyosshop, 2017)

Figura 2.2: Módulo ESP8226.



Aspecto físico del módulo ESP-8266, (Sparkfun, 2017).

Debido a que el Bluetooth BLE4.0 (Figura 2.1) no posee un microcontrolador interno el cual permita implementar un algoritmo de programación, a diferencia del módulo Wi-Fi ESP8266 (Figura 2.2) para realizar las pruebas de distancia vs RSSI se necesitará desarrollar una aplicación para dispositivos Android que permita visualizar el valor del RSSI.

## 2.2. Microcontroladores

Como se vio en la Tabla 2.3 el módulo Bluetooth BLE4.0 no posee un microcontrolador en donde se pueda implementar el algoritmo de programación que calcule la distancia en base a la ecuación encontrada con las pruebas realizadas del RSSI, al contrario del módulo BLE4.0 el módulo Wi-Fi ESP8266 si tiene un microcontrolador integrado, por tal motivo para el Bluetooth se utilizará un Arduino Nano el mismo que posee un microcontrolador Atmega328p. En la Tabla 2.4 se realizará una comparación entre los microcontroladores a utilizarse para las pruebas respectivas.

Tabla 2.4: Comparación microcontroladores.

	Arduino Nano (Atmega328P)	Tensilica L106 32-bit
Velocidad de procesamiento	1.8V - 5.5V : 0 - 4MHz 2.7V - 5.5V: 0 - 10MHz 4.5 - 5.5V: 0 - 20MHz	80MHz
Voltaje de funcionamiento	1.8V - 5.5V	3.0V -3.6V
Consumo de energía	Modo Activo: 40mA Modo de desconexión: 0.1µA Modo de ahorro de energía: 0.75µA	Modo Activo: 80mA Modo de desconexión: 0.5uA Modo de ahorro de energía: 0.9mA
Memoria EEPROM	1KBytes	Tiene una emulación de eeprom en la memoria flash 3 MBytes
Memoria FLASH	32KBytes	512 KBytes a 4MBytes
RAM interna	2KBytes	RAM de instrucción de 64 KBytes. RAM de datos de 96 KBytes.
Puertos	3 puertos digitales (14 pines) 1 puerto análogo (6 pines)	1 GPIO (16 pines)

Comparación de las características de los microcontroladores, Elaborado por: Alexandra Rojas y Paola Flor

Figura 2.3: Arduino Nano.



Aspecto físico Arduino nano, (FistDev, 2016)

Figura.2.4: Tensilica L106 32-bit.



Aspecto físico microcontrolador Tensilica L106 32-bit, (Forumesp8266, 2015)

Como se evidencia en la Tabla 2.4 el microcontrolador Tensilica L106 32-bit (Figura 2.4) perteneciente al módulo Wi-Fi ESP8266 posee mejores características de memoria, velocidad de procesamiento y voltaje de funcionamiento que el microcontrolador Atmega328P (Figura 2.3) perteneciente al Arduino Nano, lo que resulta beneficioso para el funcionamiento del algoritmo de programación para la construcción del prototipo.

## **2.3. Actuadores**

### **2.3.1. Buzzer**

Según las encuestas realizadas el prototipo necesita de una alarma auditiva que ayude a los padres o tutores a cargo a localizar al menor en caso de que este se haya alejado demasiado del rango seleccionado, para este caso se tomarán en cuenta dos tipos de mini buzzer (Mini Piezo Buzzer y Mini Buzzer 5V) los mismos que deben cumplir las siguientes características:

- Bajo voltaje de operación
- Bajo consumo de corriente
- Alta salida de sonido

Tabla 2.5: Comparación Buzzers.

	Mini Piezo Buzzer	Mini Buzzer 5V
Voltaje de operación	3 V - 16V	2V – 5V
Consumo máximo de corriente	17mA	15mA
Salida máxima de sonido	90dB	90dB
Dimensiones	Diámetro: 22mm Largo: 12mm	Diámetro: 12mm Largo: 15mm

Comparación de las características electrónicas de buzzers comerciales, Elaborado por: Alexandra Rojas y Paola Flor.

Figura 2.5: Mini Piezo Buzzer.



Aspecto físico mini piezo buzzer, (Jaycar, 2017).

Figura 2.6: Mini Buzzer 5V.



Aspecto físico mini buzzer, (SualLabs, 2017).

Con referencia a la Tabla 2.5 se puede afirmar que los dos buzzers tienen características similares pero debido a que se buscan elementos que tengan un consumo bajo de corriente para mayor tiempo de autonomía de baterías del DEM se decidió escoger el Mini Buzzer (Figura 2.6).

### 2.3.2. Motores de vibración

Para las alarmas de localización del niño no solo se requiere de alarmas auditivas sino también de alarmas electromecánicas en modo de vibración para alertar al menor, en este caso se requiere un motor que cumpla con las siguientes características:

- Bajo voltaje de alimentación
- Bajo consumo de corriente
- Alta amplitud de vibración

Se realizará una comparación de las características de dos tipos de motores de vibración (Mini motor excéntrico y Mini motor vibrador tipo botón) para escoger el que mejor se ajuste a los requerimientos del prototipo.

Tabla 2.6: Comparación mini motores de vibración.

	Mini motor excéntrico	Mini motor vibrador tipo botón
Voltaje de alimentación	3.3V - 5V	2.5 - 3.5
Consumo de corriente	25 mA	60 mA
Amplitud de vibración	0.80 g	0.75 g
Dimensiones	12mm x 4mm	10mm x 2mm

Comparación de las características de mini motores de vibración. Elaborado por: Alexandra Rojas y Paola Flor

Figura 2.7: Mini motor de vibración excéntrico.



Aspecto físico Mini motor de vibración excéntrico, (Alibaba, 2017)

Figura 2.8: Mini motor de vibración tipo botón.



Aspecto físico mini motor de vibración tipo botón, (Pololu, Pololu, 2017).

Como se puede observar en la Tabla 2.6 el Mini motor tipo botón tiene características similares a las del Mini motor excéntrico pero como se requiere elementos de bajo consumo de corriente se utilizará el Mini motor excéntrico.

#### **2.4. Batería**

Existen 2 tipos de baterías de litio comerciales, las baterías de ion litio y las de polímeros de litio ion, las mismas que serán comparadas para escoger la que más se ajuste a las necesidades del prototipo tomando en cuenta las siguientes características.

- Voltaje operacional de las celdas
- Vida útil
- Velocidad de auto descarga
- Facilidad de carga



Tabla 2.7: Comparación Baterías de Ion-Litio contra Baterías de polímeros de litio ion (LIPO).

	Baterías Ion-Litio	Baterías de polímeros de litio ion (LIPO)
Voltaje operacional de las celdas	2.5V a 4.2V	3,7V y 4.2V
Vida útil	Mayor a 5 años	2 a 3 años
Velocidad de auto descarga	2 al 10% por mes	5% por mes
Circuito de seguridad para mantener los límites de voltaje	NO	SI
Manejo cuidadoso	NO	SI

Comparación de características de las Baterías de Ion-Litio contra Baterías de polímeros de litio ion (LIPO), Elaborado por: Alexandra Rojas y Paola Flor

Debido a que las baterías de polímeros de litio necesitan un circuito para mantener los límites de voltaje (balanceador) la carga de la batería se vuelve complicado para el usuario y también pueden llegar a perforarse y explotar lo podría ser peligroso para los niños por tal motivo se utilizarán las baterías de ion litio.

Figura 2.9: Batería Ion-Litio.



Aspecto físico batería Ión-Litio, (Amazon, 2017).

Figura 2.10: Batería LIPO.



Aspecto físico batería LIPO, (Lightinthebox, 2016).

## 2.5. Base para configuración del dispositivo

### 2.5.1. Comunicación inalámbrica

Para la configuración inalámbrica del nombre de la red más conocido como SSID (Service Set Identifier) y PASSWORD del prototipo se eligió como medio de comunicación el Bluetooth HC-05 debido a que no se necesita que el dispositivo tenga mucho alcance, además dicho módulo trabaja como maestro y esclavo como está especificado en la Tabla 2.1.

Figura 2.11: Bluetooth HC-05.



Aspecto físico Bluetooth HC-05, (Botscience, 2013).

### 2.5.2. Tarjeta controladora

Para el cambio de SSID y PASSWORD se requiere de una tarjeta controladora que tenga doble serial para así poder comunicar el Bluetooth HC-05 y el prototipo que se

desea configurar, por tal motivo se decidió utilizar la tarjeta controladora Arduino Uno debido a que posee las siguientes características:

Tabla 2.8: Características Arduino Uno.

Microcontrolador	ATmega328
Voltaje de funcionamiento	5V
Voltaje de entrada (recomendado)	7-12V
Voltaje de entrada (límites)	6-20V
Digital I / O Pins	14 (de los cuales 6 proporcionan PWM)
Pines de entrada analógica	6
Corriente continua para las E / S Pin	40 mA
Corriente de la CC para Pin 3.3V	50 mA
Memoria Flash	32 KB (ATmega328) de los cuales 0,5 KB utilizado por el gestor de arranque.
SRAM	2 KB (ATmega328)
EEPROM	1 KB (ATmega328)
Velocidad del reloj	16 MHz
Número de puertos seriales	1 (Se pueden crear seriales falsos)

Características electrónicas de la tarjeta Arduino Uno, Fuente: (MiKroElectrónica, 2016).

## 2.6. Diagrama de Bloques del DEM

Una vez seleccionados los componentes para el DEM, en la Figura 2.12 y la Figura 2.13 se explicará la forma de conexión de dichos componentes con módulo Bluetooth y módulo Wi-Fi respectivamente para la toma de datos del RSSI y comparación de resultados de las gráficas distancia vs RSSI.

En la Figura 2.12 se puede observar la conexión del DEM utilizando el módulo Bluetooth BLE4.0, donde el Dispositivo Smart es el encargado de la medición del RSSI del módulo Bluetooth.

Figura 2.12: Diagrama de bloques del DEM con el módulo BLE4.0.

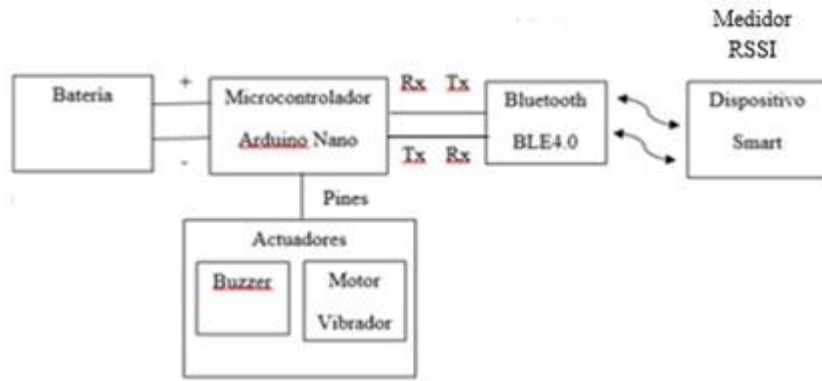


Diagrama de conexión del DEM utilizando el Bluetooth BLE4.0 y Dispositivo Smart para la medición del RSSI, Elaborado por: Alexandra Rojas, Paola Flor

En la Figura 2.13 se puede observar la conexión del DEM utilizando el módulo Wi-Fi ESP8226 el mismo que tiene la capacidad de medir el RSSI del módulo Wi-Fi del Dispositivo Smart, de esta manera el Smartphone o Tablet son utilizados únicamente como interfaz gráfica con el usuario y el DEM.

Figura 2.13: Diagrama de bloques del DEM con el módulo ESP8266.

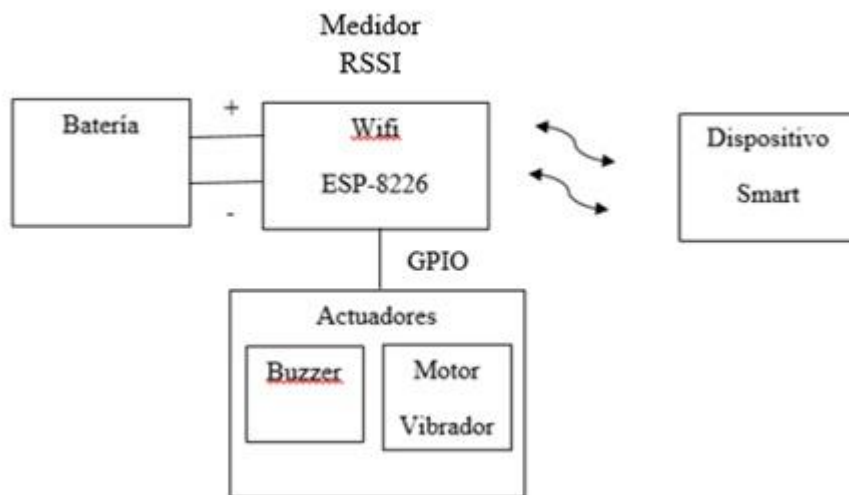


Diagrama de conexión del DEM utilizando el Wi-Fi ESP8226 el mismo que sirve como medidor del RSSI, Elaborado por: Alexandra Rojas, Paola Flor.

## **CAPÍTULO 3**

### **IMPLEMENTACIÓN**

#### **3.1. Cálculo distancia**

Para la medición de distancia se considerarán los dos tipos de módulos inalámbricos mencionados en el capítulo 2 del presente trabajo, de los dos se escoge el que proporcione un RSSI estable que depende del rango de cobertura que cada módulo provee como característica.

Para el cálculo se realizó la toma de datos que permiten establecer un estudio básico en relación a la distancia y señal RSSI que recibe el dispositivo en el momento de la transmisión de datos desde el Smartphone.

El estudio realizado para obtener el cálculo de la distancia comprendió en medir la potencia de la señal RSSI recibida a diferentes distancias. Para la aproximación de los datos se realizaron varias tomas de datos.

A continuación, se realizará un análisis comparativo de resultados mediante la toma de datos para la gráfica de distancia vs RSSI utilizando el método de valor más probable y mediante la línea de tendencia que mejor se ajuste a la gráfica obtenida (R cuadrado igual o cerca de 1) para así obtener la ecuación correspondiente a la distancia.

Se realizarán 37 tomas de muestras por distancia con cada uno de los dispositivos.

##### **3.1.1. Análisis de distancia usando módulo Bluetooth BLE4.0**

Las pruebas fueron tomadas con el software de aplicación el cuál inicialmente no presentaba una interface gráfica sino solo el valor de potencia RSSI, se realizaron tomas de muestras para conocer cuál es esta potencia recibida en una serie de distancias desde los 0,10 metros hasta los 10,00 metros.

Los valores de potencia RSSI vs distancia obtenidos al realizar las pruebas usando una conexión Bluetooth, se pueden observar en la Tabla 3.1 la cual muestra el valor mínimo, máximo y promedio del RSSI en cada distancia.

Tabla 3.1: Obtención de datos de RSSI con módulo Bluetooth4.0.

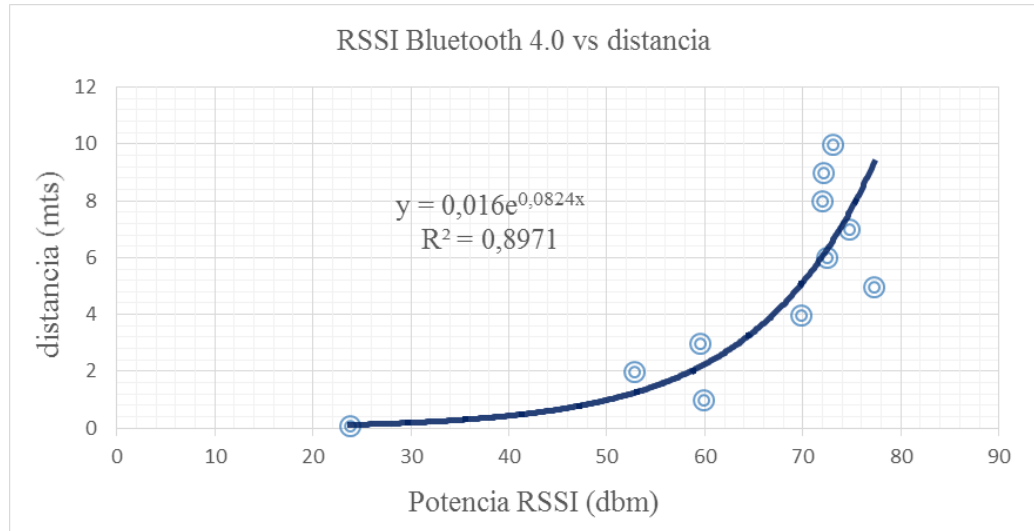
Valor mínimo	Valor máximo	Promedio	Distancia
23,6588	23,9524	23,8056	0,1
59,6459	60,0207	59,8333	1
52,6221	52,8779	52,7500	2
59,0940	59,7393	59,4167	3
69,6207	69,9904	69,8056	4
76,7729	77,7271	77,2500	5
72,1801	72,7643	72,4722	6
74,5021	74,8312	74,6667	7
71,6912	72,1977	71,9444	8
71,9090	72,2576	72,0833	9
72,7372	73,2073	72,9722	10

Datos RSSI en función de la distancia, Elaborado por: Alexandra Rojas, Paola Flor

La Tabla 3.1 es el resultado de los valores tomados con el módulo BLE4.0 los mismos que se pueden ver en el Anexo 2.

Tomando el resultado del promedio de la potencia de señal recibida se obtiene la Figura 3.1 de tendencia de los datos, usando una hoja de cálculo de Excel se obtiene la ecuación de la curva la cual aplica el proceso matemático descrito en el capítulo 1.

Figura 3.1: Gráfica de tendencia de la curva RSSI Bluetooth4.0 vs distancia.



Distancia vs RSSI, Elaborado por: Alexandra Rojas y Paola Flor

Como se puede ver en la Figura 3.1 el R cuadrado es igual a 0.8971 el mismo que está cerca del 1 pero no suficiente lo que puede traer muchos errores en el cálculo de la distancia, la ecuación resultante para el cálculo de la distancia es la siguiente:

$$y = 0,016e^{0.0824x} \quad \text{Ec. (3.1)}$$

Donde:

$y = \text{distancia en metros}$

$x = \text{dato RSSI}$

### 3.1.2. Análisis de distancia usando módulo Wi-Fi ESP8266

Para la toma de muestras con el módulo Wi-Fi ESP8266 se usó la herramienta “HyperTerminal” que permite ir comprobando todo el proceso dentro del DEM mediante una conexión línea serie, se realizaron tomas de muestras para conocer la potencia recibida de la red creada a través del Smartphone, las pruebas realizadas iniciaron con distancias desde los 0,10 hasta los 10,00 metros.

Los valores de potencia RSSI vs distancia obtenidos al realizar las pruebas usando una conexión Wi-Fi, se pueden observar en la Tabla 3.2 la cual muestra el valor mínimo, máximo y promedio del RSSI en cada distancia.

Tabla 3.2: Obtención de datos de RSSI con módulo Wi-Fi.

Valor mínimo	Valor máximo	Promedio	Distancia
26,1859	25,9807	26,0833	0,1
46,7030	46,5192	46,6111	1
49,2841	48,9381	49,1111	2
50,7392	50,4274	50,5833	3
53,2542	52,7458	53,0000	4
51,4987	51,2236	51,3611	5
54,1864	53,5914	53,8889	6
65,4071	64,9818	65,1944	7
68,0393	67,2940	67,6667	8
67,7190	67,0588	67,3889	9
68,5640	68,0471	68,3056	10

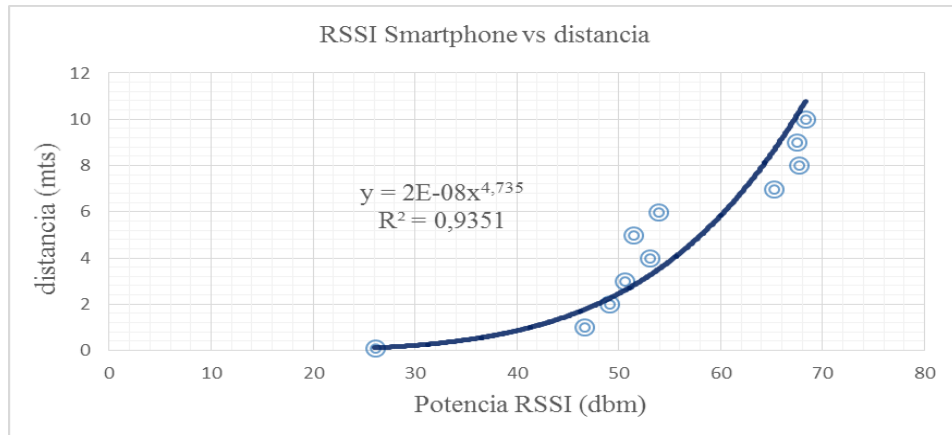
Datos RSSI en función de la distancia, Elaborado por: Alexandra Rojas y Paola Flor

La Tabla 3.2 es el resultado de los valores tomados con el módulo Wi-Fi ESP8266 los mismos que se pueden ver en el Anexo 3.

Tomando el resultado del promedio de la potencia de señal recibida se obtiene la Figura 3.2 de tendencia de los datos, usando una hoja de cálculo de Excel se obtiene la ecuación de la curva la cual aplica el proceso matemático descrito en el capítulo 1.



Figura 3.2: Gráfica de tendencia de la curva RSSI del Smartphone vs distancia.



Distancia vs RSSI, Elaborado por: Alexandra Rojas y Paola Flor

En la Figura 3.2 se puede observar la línea de tendencia obtenida y en la que el parámetro de ajuste R cuadrado es de 0,9351 lo cual se acerca a 1 en comparación con el del módulo BLE 4.0, por este motivo el módulo escogido para la medición del RSSI es el Wi-Fi ESP8266 cuya ecuación resultante para el cálculo de la distancia es la siguiente:

$$y = 2,2 \times 10^{-8} \times x^{4,735} \quad \text{Ec. (3.2)}$$

Donde:

$y = \text{distancia en metros}$

$x = \text{dato RSSI}$

### 3.2. Placa de circuito impreso (PCB)

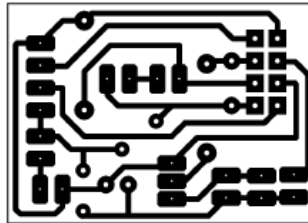
En el momento de diseñar una placa electrónica, se debe considerar varios aspectos importantes, los cuales ayudarán a que el dispositivo implementando funcione.

Un aspecto importante a considerar es colocar suficiente cobre a las conexiones en el momento del diseño de la placa, ya que esto ayuda a garantizar que la energía fluya de forma efectiva con impedancias o caídas de tensión mínimas.

El flujo de corriente juega un papel muy importante, ya que los track (conexiones de cobre entre elementos) deben tener el espesor y dimensión adecuado para evitar que haya un calentamiento en la placa y elementos al momento del funcionamiento, lo cual provocarían una limitación en el rendimiento energético del sistema por disipación de calor.

Tomando en cuenta los aspectos tratados, el circuito impreso se realizará con track de 1 milímetro ya que el conductor puede soportar hasta 2 Amperios, el resultado de la placa PCB generado en Proteus 8.1 SP1 se presenta en la Figura 3.3.

Figura 3.3: PCB del DEM.



Placa de elementos electrónicos, Elaborado por: Alexandra Rojas y Paola Flor

### 3.3. Software

Para la operación de todo el sistema se requiere un software tanto para el (Dispositivo Electrónico de Monitoreo DEM) como para el Smartphone ya que a través de una comunicación inalámbrica será posible la emisión de alarmas y la configuración de ciertos parámetros que serán manipulados por medio de una interface de usuario.

#### 3.3.1. Software de aplicación

Para la operación del DEM el tutor requiere de una aplicación sencilla y que sirva como interface para el monitoreo del niño, la misma fue desarrollada en APP inventor, un software gratuito desarrollado por Google para crear aplicaciones en Android.

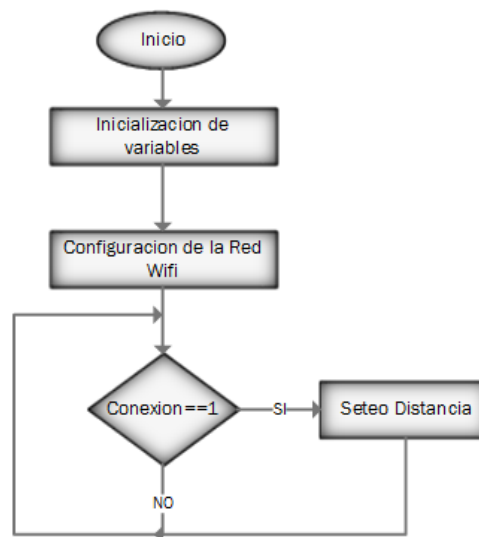
La aplicación se conecta con el DEM a través de una conexión inalámbrica Wi-Fi la cual permite dar un parámetro de seguridad único ya que previo a la emisión y

recepción de datos, el nombre de la red y contraseña deben coincidir con la que posee el DEM.

Establecida la comunicación, la aplicación permite setear los parámetros de distancia y alarmas que deberán emitir ambos dispositivos del sistema, se elige la opción iniciar para que comience la lectura y comparación del nivel de potencia de la señal RSSI que difunde constantemente la red o zona Wi-Fi creada en el Smartphone.

Si la distancia previamente configurada entre el DEM y el Smartphone es sobrepasada se genera una señal auditiva, vibratoria o ambas en el Smartphone y dispositivo electrónico de monitoreo. El funcionamiento se observa en el Diagrama de Flujo de la Figura 3.4.

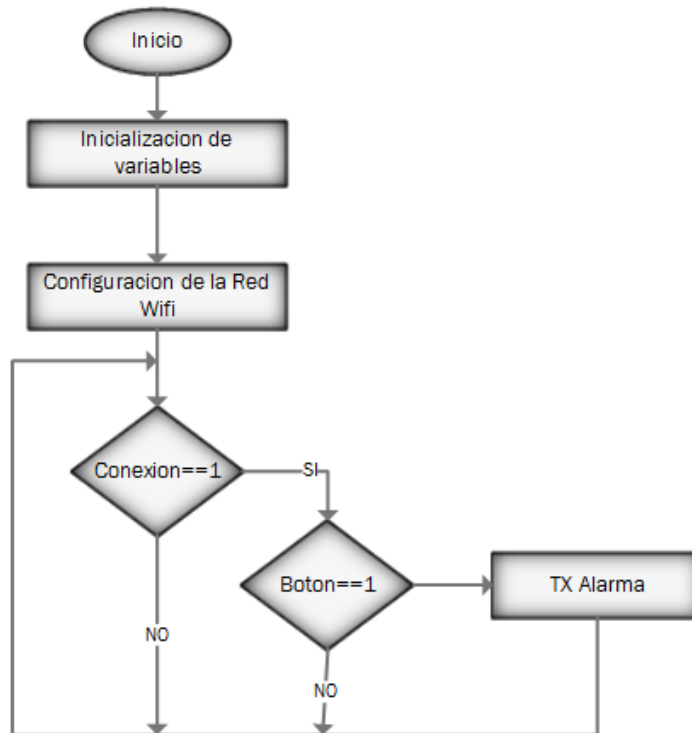
Figura 3.4: Diagrama de Flujo Software de aplicación



Lógica funcionamiento de la aplicación para Smartphone, Elaborado por: Alexandra Rojas, Paola Flor

El funcionamiento de la interrupción de la aplicación se observa en el Diagrama de Flujo de la Figura 3.5.

Figura 3.5: Diagrama de Flujo botón de interrupción de la aplicación.



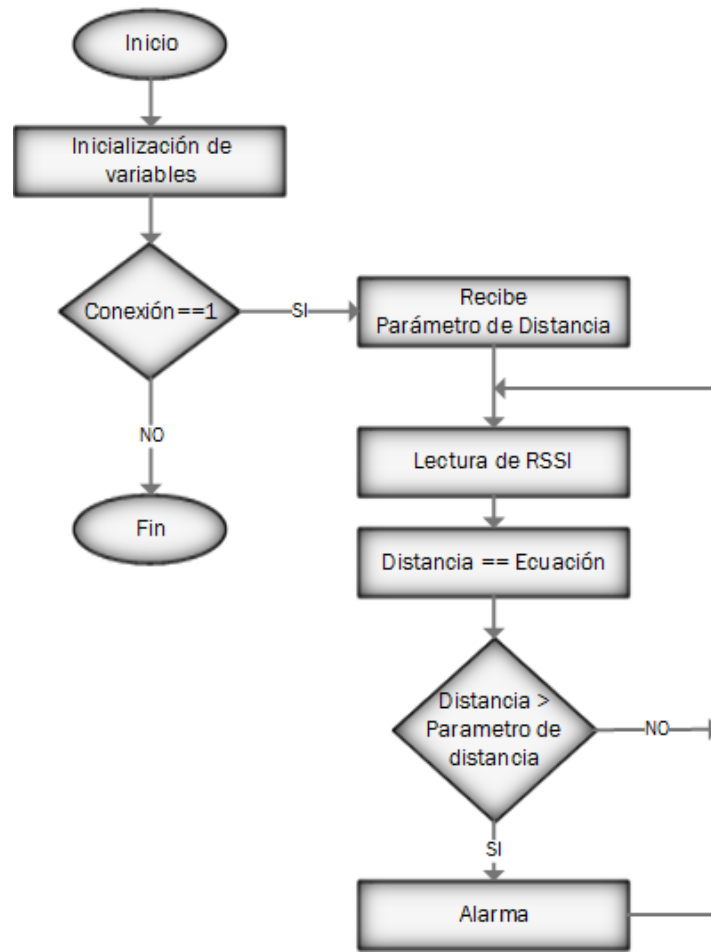
Lógica funcionamiento de la interrupción para Smartphone, Elaborado por: Alexandra Rojas y Paola Flor.

### 3.3.2. Software del DEM

Para el proceso y cálculo matemático de la distancia en metros el DEM dispone de un microcontrolador que será el encargado de transformar a metros el nivel de potencia de la señal conocido como RSSI a través de la ecuación encontrada en las pruebas de Análisis de distancia usando módulo Wi-Fi ESP8266 del presente capítulo, esta ecuación calcula la distancia en metros entre el smartphone y el DEM.

Una vez obtenida la distancia en metros, el dato es enviado al Smartphone del tutor, para que este sea comparado con la distancia seteada en el Software de Aplicación, si esta distancia es menor o igual no emitirá ningún tipo de alerta, pero si esta distancia es mayor a la pre-establecida ambos dispositivos del sistema emitirán una o ambas alertas dependiendo a los requerimientos del usuario. El funcionamiento se observa en el Diagrama de Flujo de la Figura 3.6.

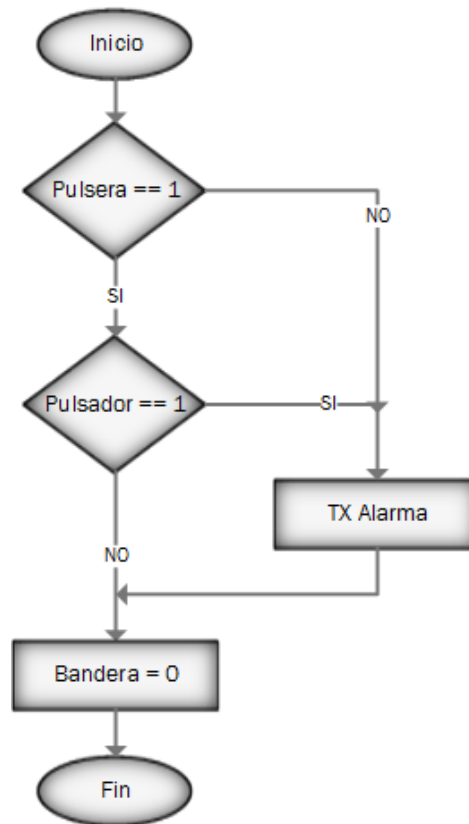
Figura 3.6: Diagrama de Flujo Software del DEM



Lógica funcionamiento del DEM, Elaborado por: Alexandra Rojas y Paola Flor

El funcionamiento de la interrupción del DEM se observa en el Diagrama de Flujo de la Figura 3.7.

Figura 3.7: Diagrama de Flujo pulsador de interrupción y correa anti arranque del DEM.



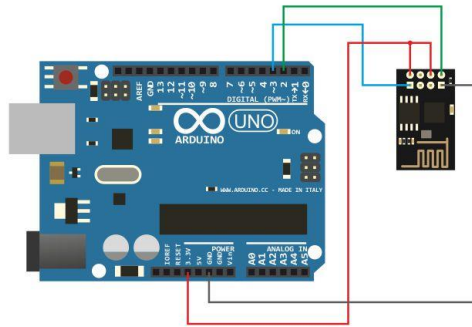
Lógica funcionamiento de las interrupciones para DEM, Elaborado por: Alexandra Rojas, Paola Flor

### 3.4. Hardware

El DEM está diseñado con un módulo Wi-Fi ESP8266 el cual cuenta con un microcontrolador que es configurado como cliente para asociarse a una red inalámbrica Wi-Fi, mediante esta conexión inalámbrica el módulo realiza la toma de datos de la potencia de señal recibida RSSI que es obtenida de la señal que emite el dispositivo smartphone.

La programación del microcontrolador se realiza por medio de comandos AT, para esto el módulo es conectado a una placa Arduino por medio de comunicación Serial como se ve en la Figura 3.8 y de esta manera, a través del monitor serie se envían los comandos AT, especificando el modo de operación.

Figura 3.8: Conexión Arduino módulo ESP8266.

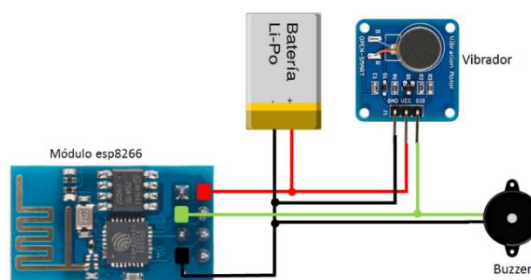


Conexión Serial para configuración módulo ESP8266, Elaborado por: Alexandra Rojas y Paola Flor.

### 3.4.1. Control de Alarma

El módulo ESP8266 tiene puertos de entrada y salida de propósito general por sus siglas en inglés (General Purpose Input/Output GPIO), los cuales tienen conectado un buzzer y un vibrador, estos elementos son usados para la activación de una alarma en el momento en que la distancia entre el smartphone y el DEM sobre pase el valor de distancia permitida, en este momento el microcontrolador enviará una señal por uno de los puertos GPIO, activando el vibrador y emitiendo un sonido a través del buzzer. La conexión de estos dos elementos se visualiza en la Figura 3.9.

Figura 3.9: Conexión Vibrador y Buzzer.



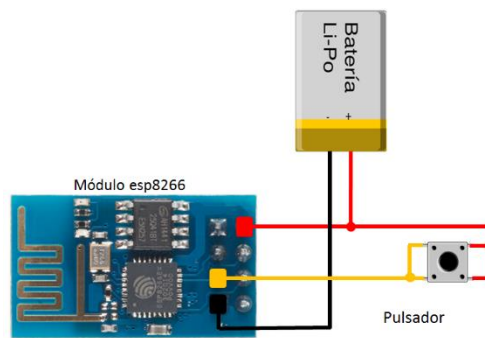
Elementos de la Alarma, Elaborado por: Alexandra Rojas y Paola Flor.

### 3.4.2. Botón de Emergencia

Un pulsador es conectado en el puerto GPIO2 del módulo Wi-Fi ESP8266 como se visualiza en la Figura 3.10, el cual se usará en casos de emergencia, si existe peligro

para la persona que lleve puesto el DEM, con solo pulsar el botón se generará una señal, provocando la activación de una alerta sonora y vibratoria en el Smartphone del tutor, alertando de manera inmediata al usuario sobre el evento ocurrido.

Figura 3.10: Conexión de un pulsante en puerto GPIO.



Botón de emergencia, Elaborado por: Alexandra Rojas y Paola Flor.

### 3.4.3. Pulsera Anti arranque

La pulsera cuenta con una lámina conductora de cobre, que permite brindar un mayor nivel de seguridad en el momento que es asegurada, cerrando un circuito y creando una señal continua esta emitirá una alerta auditiva y vibratoria al sistema receptor de monitoreo del tutor si la pulsera es abierta o cortada. La conexión de la pulsera con el módulo se observa en la Figura 3.11.

Figura 3.11: Conexión Correa con puertos GPIO.

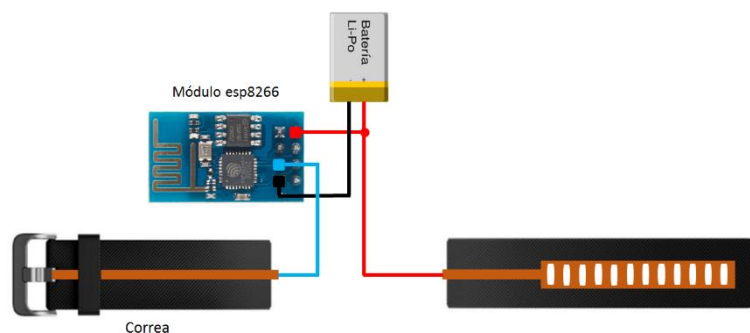


Diagrama de Conexión de la Correa, Elaborado por: Alexandra Rojas y Paola Flor.



### 3.4.4. Carga de Batería

El circuito del DEM es alimentado por una batería de Li-Po de 3.3V a 900mA, la batería está conectada a un módulo de carga, es el encargado de reabastecer de energía al sistema. Este módulo se conecta a través de un puerto USB universal, esto con el fin de que el usuario no tenga limitación para conseguir un cable que alimente de energía al DEM. El diagrama de conexión del sistema de carga se lo visualiza en la Figura 3.12.

Figura 3.12: Sistema de Carga de la Batería.

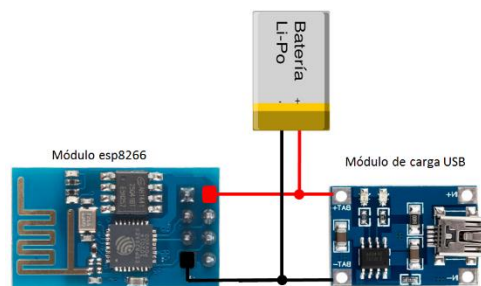


Diagrama de Conexión Módulo de Carga, Elaborado por: Alexandra Rojas y Paola Flor.

### 3.4.5. Conexión Total

Los elementos principales que tendrá el DEM son:

Un módulo Wi-Fi ESP8266, un vibrador, un buzzer y un pulsador. Todos estos elementos irán colocados en una placa PCB permitiendo una conexión fácil entre ellos, las conexiones se las puede observar en la Figura 3.13. La función principal de la placa en conjunto con los demás elementos es la de recibir los datos, con la ayuda de una ecuación matemática determinar a qué distancia se encuentra el DEM del dispositivo receptor de monitoreo, y establecer una alarma cuando el DEM salga de la distancia máxima permitida.

Figura 3.13: Conexión de todos los elementos.

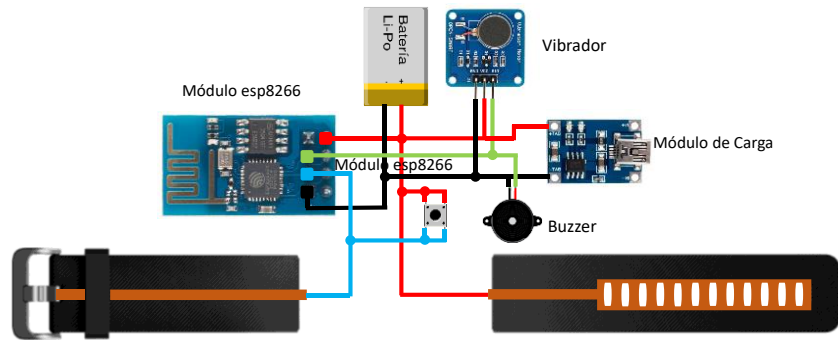
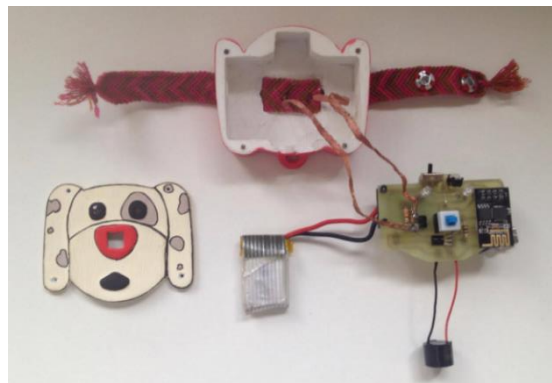


Diagrama de conexión de todos los elementos del DEM, Elaborado por: Alexandra Rojas y Paola Flor.

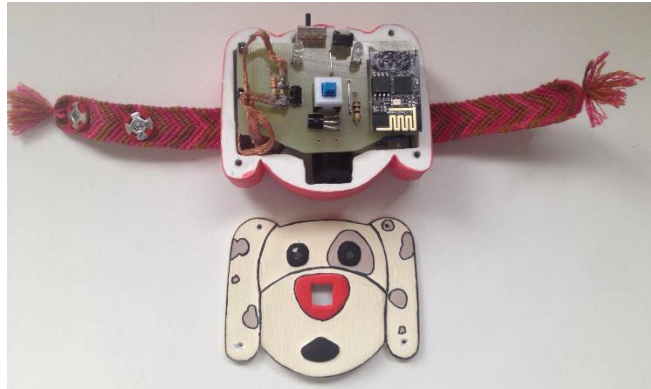
En la Figura 3.14, Figura 3.15 y Figura 3.16 se observa como quedó montado cada uno de los elementos sobre la placa PCB, el montaje de la placa sobre la base y el dispositivo electrónico de monitoreo DEM armado.

Figura 3.14: Placa PCB del DEM.



Placa de circuito impreso PCB con cada elemento del DEM, Elaborado por: Alexandra Rojas y Paola Flor.

Figura 3.15: Montaje de la placa sobre la base.



Montaje de la placa sobre la base del DEM, Elaborado por: Alexandra Rojas y Paola Flor.

Figura 3.16: Dispositivo Electrónico de Monitoreo DEM.



Dispositivo electrónico de monitoreo DEM armado, Elaborado por: Alexandra Rojas y Paola Flor.

## CAPÍTULO 4

### PRUEBAS Y RESULTADOS

Para la validación del DEM se utilizó la metodología de las encuestas para saber la aceptación que tiene el producto por parte del público objetivo, la valoración será del funcionamiento y diseño del DEM así como el aspecto del mismo, para esto se tomó una muestra de 100 personas.

1. En general, ¿Qué tan fácil fue usar y manejar el producto?

Tabla 4.1: Resultados pregunta 1

Extremadamente fácil	10
Muy fácil	86
Moderadamente fácil	3
Poco fácil	1
Nada fácil	0

Resultados

de la

complejidad del manejo del DEM. Elaborado por: Paola Flor, Alexandra Rojas.

Figura 4.1: Representación gráfica del resultado de la pregunta 1



Gráfica del resultado de la complejidad del manejo del DEM. Elaborado por: Paola Flor, Alexandra Rojas.

La Figura 4.1 muestra que al 86% de las personas encuestadas les resulta muy fácil el manejo del DEM, esto significa que en cuanto a manejo del DEM no se deben realizar cambios en el funcionamiento del dispositivo.

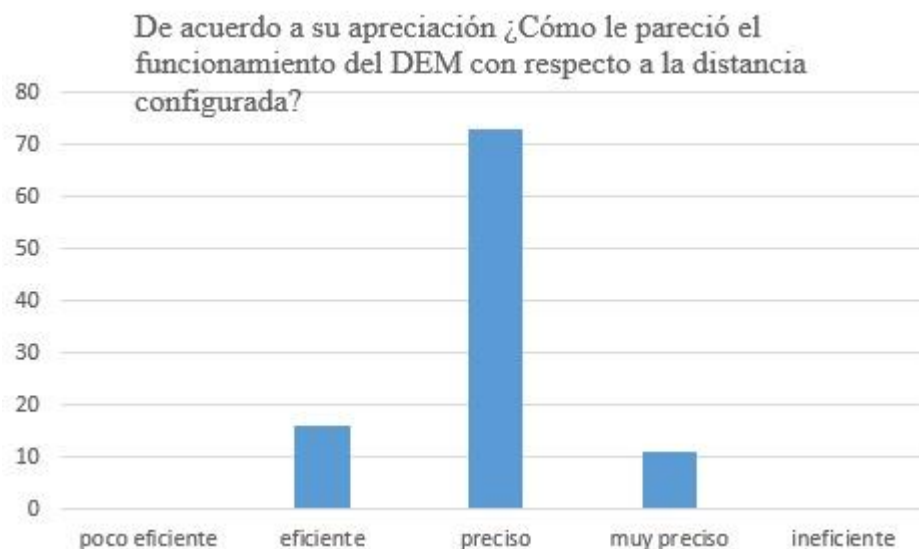
2. De acuerdo a su apreciación ¿Cómo le pareció el funcionamiento del DEM con respecto a la distancia configurada?

Tabla 4.2: Resultado pregunta 2

poco eficiente	0
eficiente	16
preciso	73
muy preciso	11
ineficiente	0

Resultados de la precisión de la distancia del DEM. Elaborado por: Paola Flor, Alexandra Rojas.

Figura 4.2: Representación gráfica del resultado de la pregunta 2



Gráfica de la precisión de la distancia del DEM. Elaborado por: Paola Flor, Alexandra Rojas.

En cuanto a precisión de la distancia deseada por el tutor del menor para que este se aleje, un 73% de los encuestados está de acuerdo con que el DEM es preciso lo que significa que la ecuación obtenida en las pruebas realizadas para la elección del módulo inalámbrico se ajusta al sistema de comunicación inalámbrica en espacio abierto.

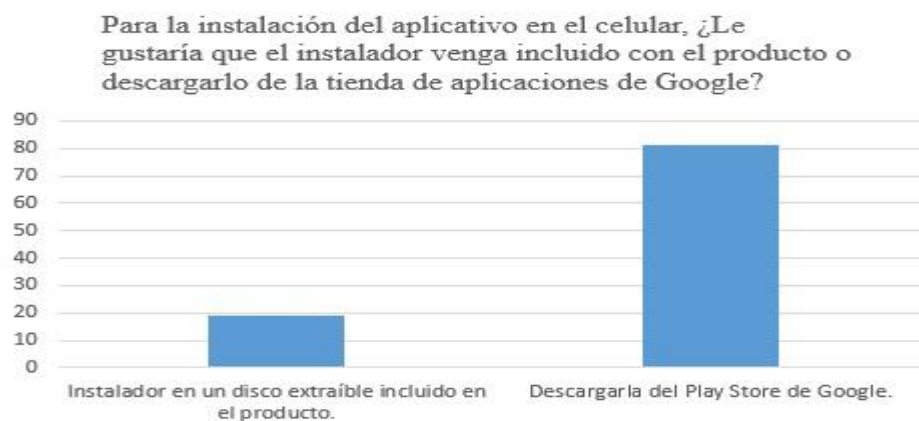
3. Para la instalación del aplicativo en el celular, ¿Le gustaría que el instalador venga incluido con el producto o descargarlo de la tienda de aplicaciones de Google?

Tabla 4.3: Resultado pregunta 3

Instalador en un disco extraíble incluido en el producto.	19
Descargarla del Play Store de Google.	81

Resultados de la forma de obtener la aplicación del DEM. Elaborado por: Paola Flor, Alexandra Rojas.

Figura 4.3: Representación gráfica del resultado de la pregunta 3



Gráfica de la forma de adquirir la aplicación para el DEM. Elaborado por: Paola Flor, Alexandra Rojas.

La Figura 4.3 indica que el 81% del público objetivo prefiere descargar la aplicación del DEM del Play Store de Google debido a que esto es una práctica usual entre los usuarios de Android y les resulta fácil la instalación de la aplicación desde una plataforma online.

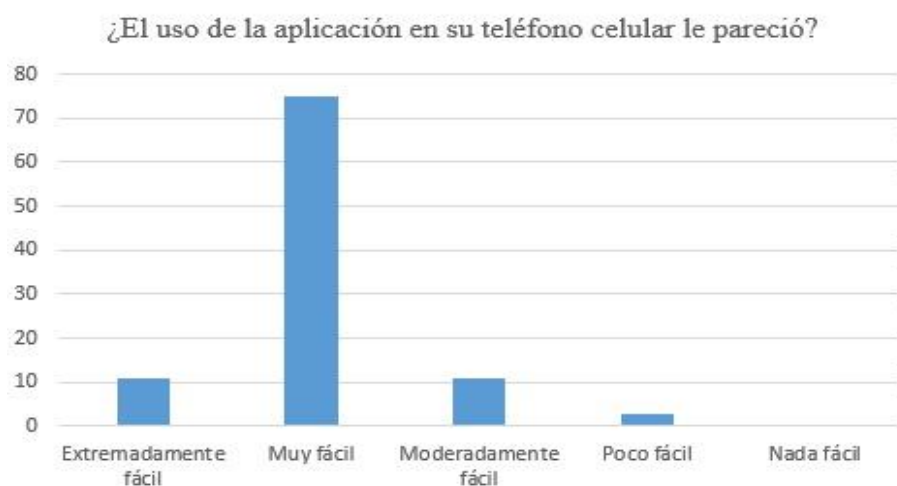
4. ¿El uso de la aplicación en su teléfono celular le pareció?

Tabla 4.4: Resultado pregunta 4

Extremadamente fácil	11
Muy fácil	75
Moderadamente fácil	11
Poco fácil	3
Nada fácil	0

Resultados de la complejidad del uso de la aplicación para el DEM. Elaborado por: Paola Flor, Alexandra Rojas.

Figura 4.4: Representación gráfica del resultado de la pregunta 4



Gráfica de los resultados de la complejidad del uso de la aplicación para el DEM. Elaborado por: Paola Flor, Alexandra Rojas.

La Figura 4.4 muestra que un 75% de las personas encuestadas les resulta fácil el manejo de la aplicación, esto quiere decir que en general la aplicación tiene una interfaz amigable para el usuario.

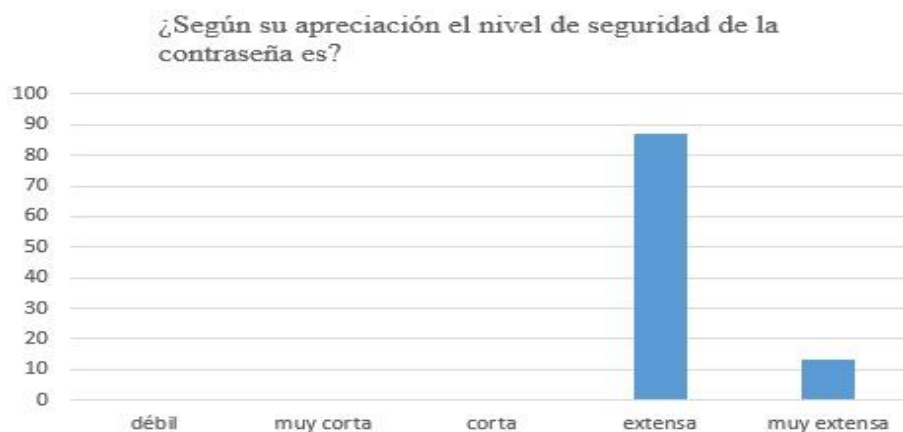
5. ¿Según su apreciación el nivel de seguridad de la contraseña es?

Tabla 4.5: Resultados pregunta 5

débil	0
muy corta	0
corta	0
extensa	87
muy extensa	13

Resultados del nivel seguridad de la contraseña para la aplicación del DEM. Elaborado por: Paola Flor, Alexandra Rojas.

Figura 4.5: Representación gráfica del resultado de la pregunta 5



Gráfica de los resultados del nivel seguridad de la contraseña para la aplicación del DEM. Elaborado por: Paola Flor, Alexandra Rojas.

En la Figura 4.5 un 87% de los encuestados opinó que el tamaño de la contraseña es extenso lo que significa que podría disminuir hasta 8 caracteres, debido a que el



módulo ESP-8226 tiene autenticación WPA, la misma que para evitar un hackeo de la red advierte que se debe utilizar de 8 a 12 caracteres debido a que los programas de cómputo existentes no podrán descifrarla ya que el tiempo necesario para crackear la contraseña crece de forma exponencial (Hakin9, 2006).

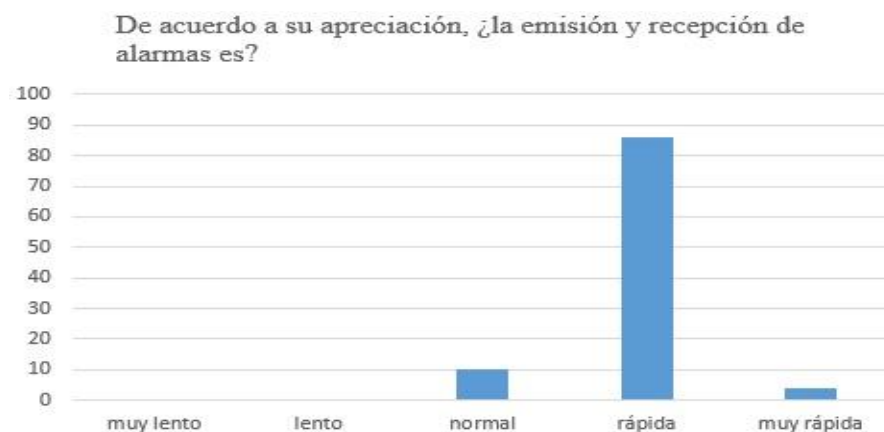
6. De acuerdo a su apreciación, ¿la emisión y recepción de alarmas es?

Tabla 4.6: Resultado de la pregunta 6

muy lento	0
lento	0
normal	10
rápida	86
muy rápida	4

Resultados de la velocidad de emisión y recepción de alarmas del DEM. Elaborado por: Paola Flor, Alexandra Rojas.

Figura 4.6: Representación gráfica del resultado de la pregunta 6.



Gráfica de los resultados de la velocidad de emisión y recepción de alarmas del DEM. Elaborado por: Paola Flor, Alexandra Rojas.

En la Figura 4.6 el 86% de los encuestados opinan que la velocidad de emisión y recepción de alarmas es rápido lo que significa que la respuesta del DEM y del Dispositivo Smart es adecuado para los espacios abiertos establecidos en el diseño.

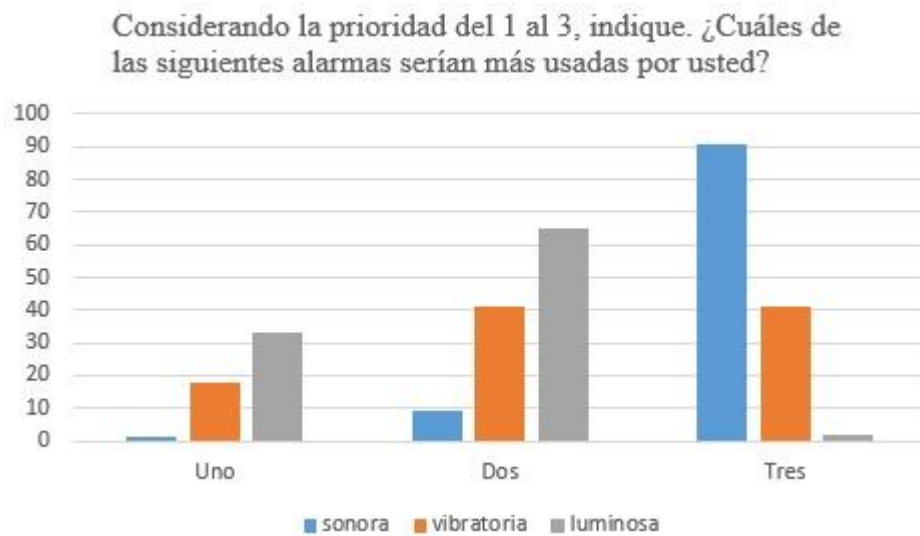
7. Considerando la prioridad del 1 al 3, indique. ¿Cuáles de las siguientes alarmas serían más usadas por usted?

Tabla 4.7: Respuestas pregunta 7

	Uno	Dos	Tres
sonora	1	9	91
vibratoria	18	41	41
luminosa	33	65	2

Resultados de la prioridad de tipos de alarmas para el público objetivo. Elaborado por: Paola Flor, Alexandra Rojas.

Figura 4.7: Gráfica respuesta pregunta 7



Gráfica de los resultados prioridad de tipo de alarmas para el público objetivo. Elaborado por: Paola Flor, Alexandra Rojas.

En la Figura 4.7 se puede observar que para el 91% público objetivo la alarma sonora tiene una prioridad de 3, otro 41% dijo que la alarma vibratoria tiene una prioridad de 3 y para la alarma luminosa un 2% de los encuestados le dio una prioridad de 3, lo que significa que la alarma sonora es más importante y más utilizada por el público

objetivo, en el caso del DEM todas las alarmas son sonoras esto quiere decir que no se debe hacer cambios en cuanto a alarmas.

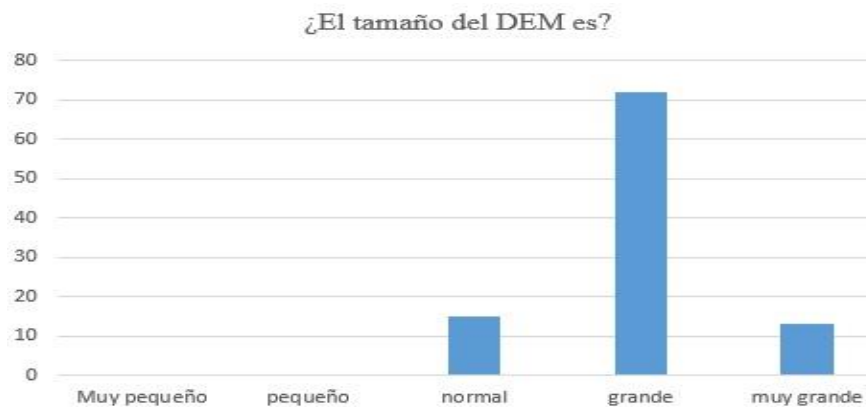
8. ¿El tamaño del DEM es?

Tabla 4.8: Respuestas pregunta 8

Muy pequeño	0
pequeño	0
normal	15
grande	72
muy grande	13

Resultados de la apreciación del tamaño del DEM. Elaborado por: Paola Flor, Alexandra Rojas.

Figura 4.8 Gráfica respuestas pregunta 8



Gráfica de la apreciación del tamaño del DEM. Elaborado por: Paola Flor, Alexandra Rojas.

En la Figura 4.8 se puede ver que un 72% del público encuestado piensa que el tamaño del DEM es grande por lo que en versiones futuras puede realizarse una disminución de tamaño.

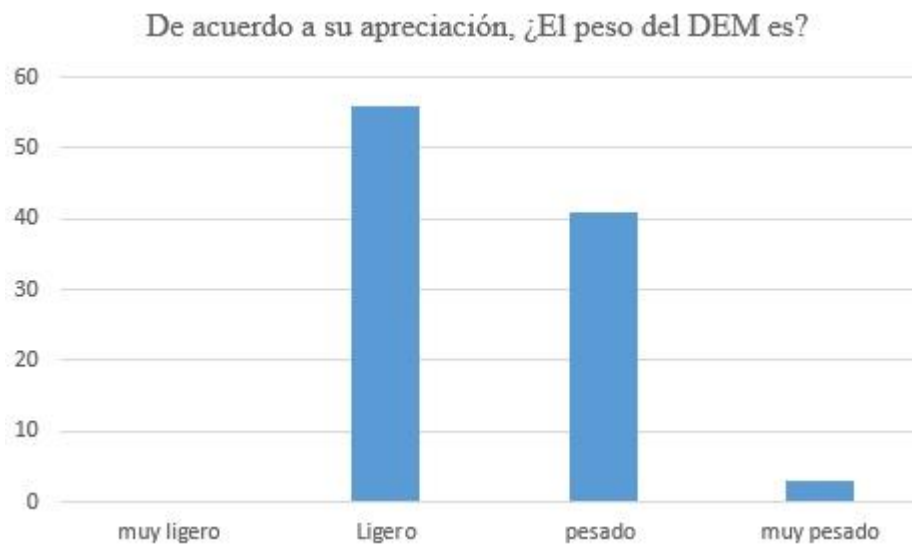
9. De acuerdo a su apreciación, ¿El peso del DEM es?

Tabla 4.9: Respuestas pregunta 9

muy ligero	0
Ligero	56
pesado	41
muy pesado	3

Resultados de la apreciación del peso del DEM. Elaborado por: Paola Flor, Alexandra Rojas.

Figura 4.9: Gráfica respuesta pregunta 9



Gráfica de la apreciación del peso del DEM. Elaborado por: Paola Flor, Alexandra Rojas.

En la Figura 4.9 un 56% del público encuestado opina que el DEM es ligero pero otro 41% es pesado, esto se debe a que los componentes utilizados en la construcción del DEM son livianos pero reduciendo el tamaño puede también reducirse el peso del mismo para futuras versiones.

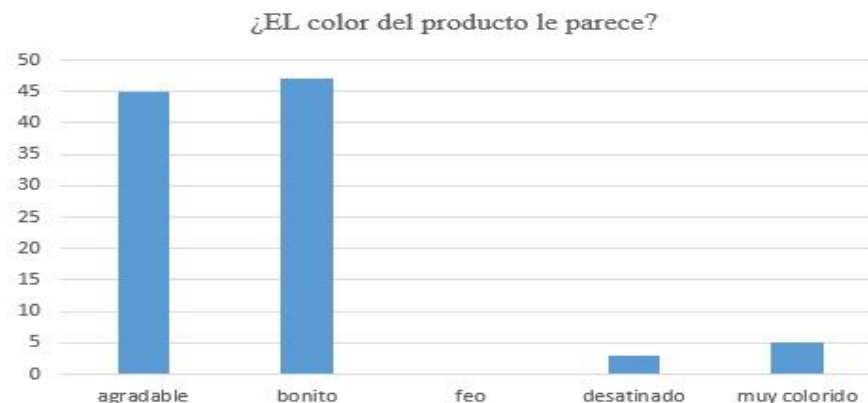
10. ¿EL color del producto le parece?

Tabla 4.10: Respuesta pregunta 10

agradable	45
bonito	47
feo	0
desatinado	3
muy colorido	5

Resultados de la apreciación del color del DEM. Elaborado por: Paola Flor, Alexandra Rojas.

Figura 4.10: Gráfica respuesta pregunta 10



Gráfica de la apreciación del color del DEM. Elaborado por: Paola Flor, Alexandra Rojas.

En la Figura 4.10 se puede observar que un 47% de los encuestados piensa que el DEM tiene un color bonito y otro 45% que tiene un color agradable, por lo que en cuanto a colores no es necesario hacer modificaciones pero pueden presentarse otras alternativas de color para satisfacer al 8% del público objetivo que piensan que es muy colorido o desatinado.

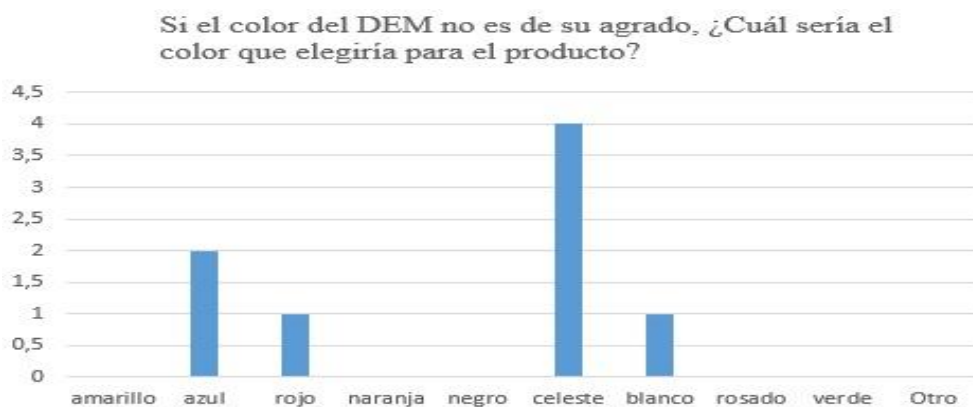
11. Si el color del DEM no es de su agrado, ¿Cuál sería el color que elegiría para el producto?

Tabla 4.11: Respuesta pregunta 11

amarillo	0
azul	2
rojo	1
naranja	0
negro	0
celeste	4
blanco	1
rosado	0
verde	0
Otro	0

Resultados de la elección del color para el DEM en caso del que el elegido no haya sido del agrado del público objetivo. Elaborado por: Paola Flor, Alexandra Rojas.

Figura 4.11: Gráfica respuesta pregunta 11



Gráfica de resultados de la elección del color para el DEM en caso del que el elegido no haya sido del agrado del público objetivo. Elaborado por: Paola Flor, Alexandra Rojas.

Para el 8% del público encuestado a los que el color del DEM les pareció muy colorido o desatinado se ofreció una alternativa de elección de color donde un 50% de los encuestados escogió como color del DEM el celeste, y el otro 50% está dividido entre

color azul, rojo y blanco por lo que estos colores no representan porcentaje de importancia para el diseño del DEM.

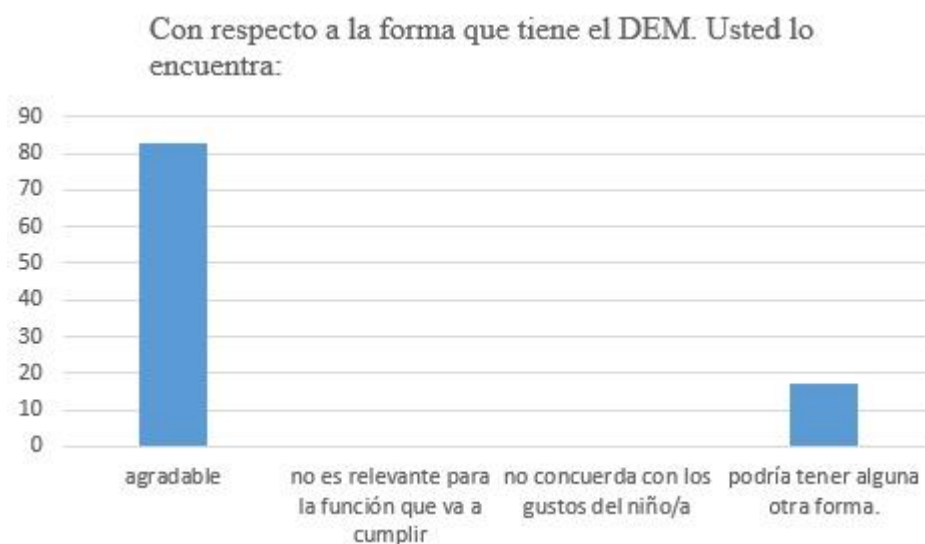
12. Con respecto a la forma que tiene el DEM. Usted lo encuentra:

Tabla 4.12: Respuestas pregunta 12

agradable	83
no es relevante para la función que va a cumplir	0
no concuerda con los gustos del niño/a	0
Podría tener alguna otra forma.	17

Resultados de forma del DEM. Elaborado por: Paola Flor, Alexandra Rojas.

Figura 4.12: Gráfica respuesta pregunta 12



Gráfica de resultados de la forma del DEM. Elaborado por: Paola Flor, Alexandra Rojas.

En la Figura 4.12 se observa que un 83 % de los encuestados opinan que la figura del DEM es agradable debido a eso no se deberá hacer ningún cambio en el aspecto del

dispositivo, en cuanto al 17% restante se puede considerar otra forma la misma que será analizada en la pregunta 13.

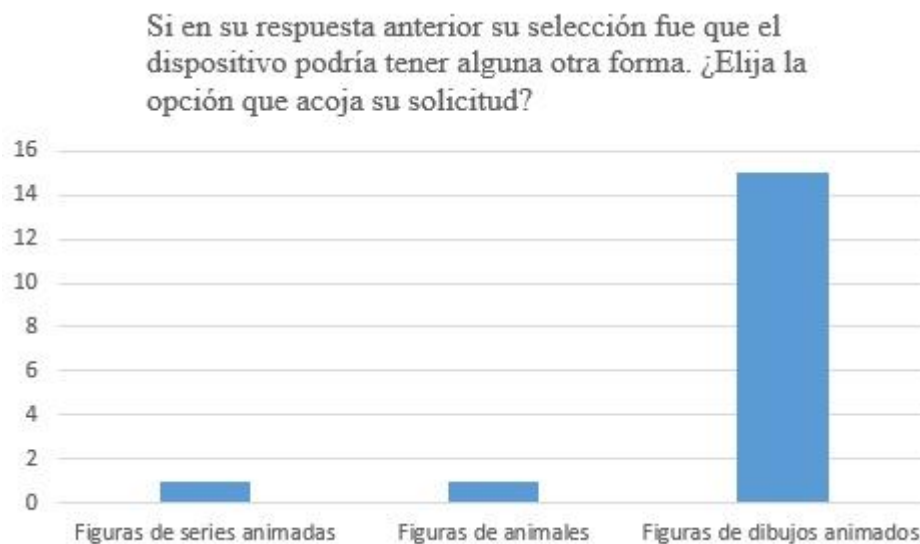
13. Si en su respuesta anterior su selección fue que el dispositivo podría tener alguna otra forma. ¿Elija la opción que acoja su solicitud?

Tabla 4.13: Respuesta pregunta 13

Figuras de series animadas	1
Figuras de animales	1
Figuras de dibujos animados	15

Resultados de forma del DEM para los encuestados que opinaron que el dispositivo podría tener otra forma. Elaborado por: Paola Flor, Alexandra Rojas.

Figura 4.13: Gráfica respuesta pregunta 13



Gráfica de resultados de la forma del DEM para los encuestados que opinaron que el dispositivo podría tener otra forma. Elaborado por: Paola Flor, Alexandra Rojas.

Para el 17% de los encuestados que opinaron que el DEM podría tener otra forma, en la Figura 4.13 se observa que el 88% de los 17 encuestados opinó que el DEM podría



tener figuras de dibujos animados, información que se puede considerar para futuras versiones.

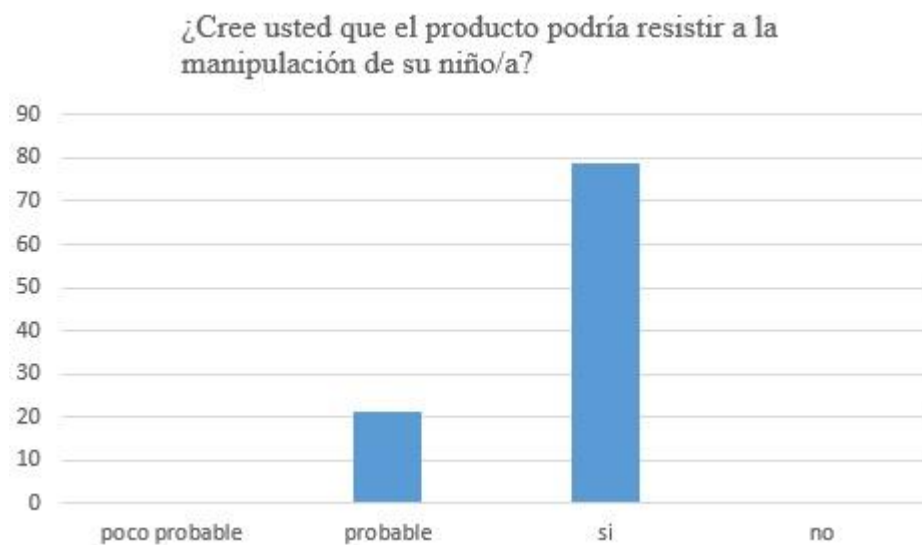
14. ¿Cree usted que el producto podría resistir a la manipulación de su niño/a?

Tabla 4.14: Respuesta pregunta 14

poco probable	0
probable	21
si	79
no	0

Resultados de la resistencia del DEM. Elaborado por: Paola Flor, Alexandra Rojas.

Figura 4.14: Gráfica respuesta pregunta 14



Gráfica de resistencia del DEM. Elaborado por: Paola Flor, Alexandra Rojas.

En la Figura 4.14 se observa que el 79% de los encuestados considera que el DEM resistiría a la manipulación del menor, por lo que se puede seguir fabricando con el mismo material.

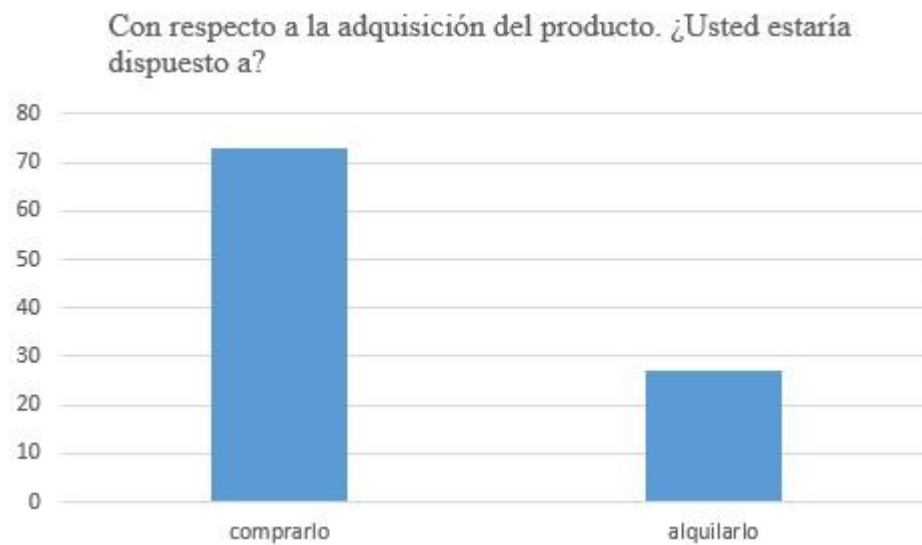
15. Con respecto a la adquisición del producto. ¿Usted estaría dispuesto a?

Tabla 4.15: Respuesta pregunta 15

comprarlo	73
alquilarlo	27

Resultados de la forma de adquisición del DEM. Elaborado por: Paola Flor, Alexandra Rojas.

Figura 4.15: Gráfico respuesta pregunta 15



Gráfica de resultados de la forma de adquisición del DEM. Elaborado por: Paola Flor, Alexandra Rojas.

Según la Figura 4.15 el 75% de los encuestados prefiere comprar el DEM, por lo que el cálculo del precio del producto debe ser calculado para la venta del mismo.

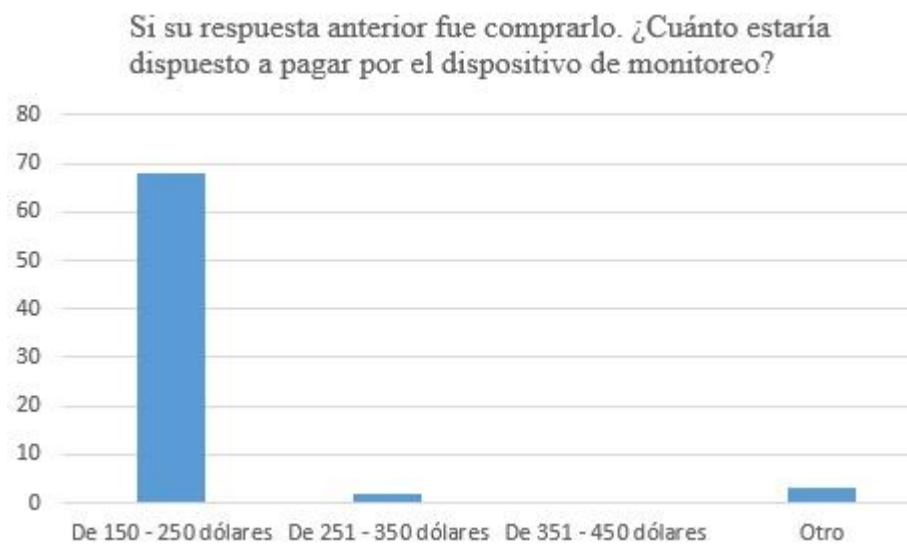
16. Si su respuesta anterior fue comprarlo. ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar por el dispositivo de monitoreo?

Tabla 4.16: Respuesta pregunta 16

De 150 - 250 dólares	68
De 251 - 350 dólares	2
De 351 - 450 dólares	0
Otro	3

Resultados del precio del DEM. Elaborado por: Paola Flor, Alexandra Rojas.

Figura 4.16: Gráfica resultado pregunta 16



Gráfica de resultados del precio del DEM. Elaborado por: Paola Flor, Alexandra Rojas.

En la Figura 4.16 se observa que un 95% de los encuestados estarían dispuestos a pagar de 150 a 250 dólares, este precio es accesible para el público objetivo y cubre el costo de fabricación del DEM.

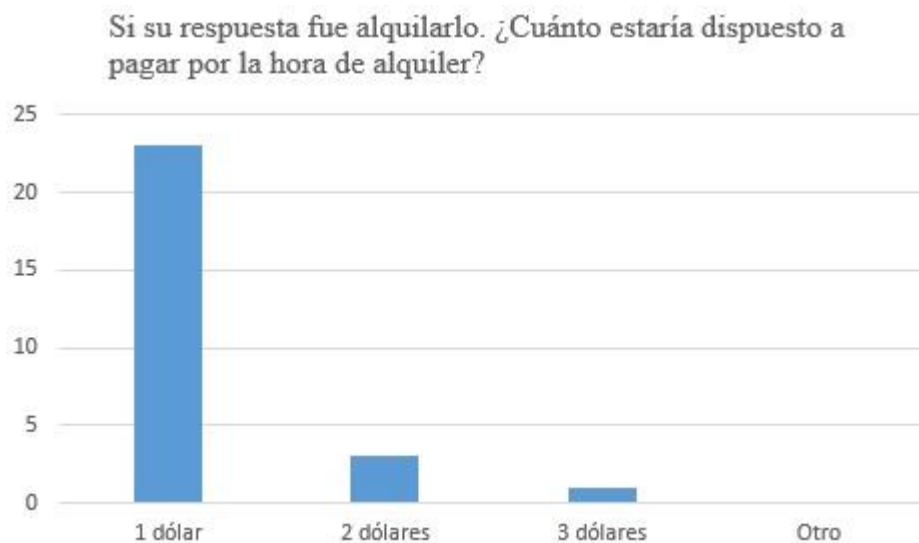
17. Si su respuesta fue alquilarlo. ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar por la hora de alquiler?

Tabla 4.17: Respuesta pregunta 17

1 dólar	23
2 dólares	3
3 dólares	1
Otro	0

Resultados del precio de alquiler del DEM. Elaborado por: Paola Flor, Alexandra Rojas.

Figura 4.17: Gráfica respuesta pregunta 17



Gráfica de resultados del precio de alquiler del DEM. Elaborado por: Paola Flor, Alexandra Rojas.

En la Figura 4.15 un 25% de los encuestados respondieron que prefieren alquilar el DEM, el 84% de esas personas contestaron que estarían dispuestos a pagar 1 dólar por el alquiler del dispositivo, por lo que si se desea alquilar el DEM se debe analizar si dicho precio es suficiente para cubrir todos los gastos que implica alquilar el dispositivo.

18. ¿La forma de pago con respecto a la adquisición sería?

Tabla 4.18: Respuesta pregunta 18

Efectivo	86
Con tarjeta de debito	4
Con tarjeta de crédito.	10
Pay Pal	0

Resultados de la forma de pago del DEM. Elaborado por: Paola Flor, Alexandra Rojas.

Figura 4.18: Gráfica respuesta pregunta 18



Gráfica de resultados del precio de alquiler del DEM. Elaborado por: Paola Flor, Alexandra Rojas.

En la Figura 4.18 se observa que un 86% de los encuestados prefieren pagar en efectivo, por lo que se debe considerar la apertura de un local para la distribución del DEM.

## CAPÍTULO 5

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. Conclusiones

- Se ha desarrollado con éxito el proyecto logrando obtener un producto que fue probado a nivel de campo con una muestra de 100 encuestados, de acuerdo a las encuestas finales de aceptación del producto, la pregunta número 15 arroja el resultado del 73% de los encuestados quienes indicaron que estarían dispuestos a adquirir el producto.

- El prototipo de monitoreo cumple con las especificaciones de afinidad entre niños de 2 a 10 años de acuerdo a las encuestas iniciales realizadas; los datos más relevantes para cumplir con las especificaciones del producto fueron: la forma de colocar el dispositivo electrónico de monitoreo en el cuerpo o indumentaria del niño, este parámetro del producto fue informado por el tutor del menor obteniéndose un 64.5 % a favor de realizar una manilla como objeto a colocar en el cuerpo del menor, el color del producto y la forma del DEM están asociadas a los gustos del niño/a.

- Para la comunicación inalámbrica del sistema se realizó pruebas entre varios módulos Bluetooth, entre ellos el HC-05, RN-41 y BLE 4.0 de los cuáles se descarta el uso de los dos primeros, el HC-05 no proporciona un nivel de RSSI estable ya que aproximadamente a los 4 metros, la potencia comienza a asemejarse a las muestras iniciales, en cuanto al RN-41 se puede tener un rango de cobertura más extenso, sin embargo en las pruebas realizadas, reflejan que en los primeros metros de distancia la potencia de la señal RSSI se mantiene estable en un rango de potencia que no varía, lo cual no proporciona una tendencia ascendente para determinar con precisión la distancia, en el estudio comparativo entre el módulo BLE 4.0 y Wi-Fi ESP8266 se elige usar el módulo Wi-Fi ESP8266 porque proporciona una conexión más estable obteniendo una tendencia ascendente de los datos de potencia RSSI con respecto a cada metro

de distancia de alejamiento, esto se puede corroborar en la Ec (3.1) y Ec (3.2) del capítulo 3 donde se puede observar el parámetro de ajuste de curva  $R^2$ .

- Se logró desarrollar una aplicación agradable y sencilla de utilizar con poca complejidad de uso lo cual se justifica en base a la pregunta número 4 de la encuesta de valoración de producto dónde el 75% de los usuarios indican que el uso de la aplicación en su teléfono celular es muy fácil.

- El hecho de partir con una encuesta inicial para la elaboración del proyecto, permite que el diseño del prototipo como tal, tenga una gran aceptación, por lo que se determina que las encuestas son una herramienta efectiva que permiten diseñar un producto en base a los requerimientos del usuario.

- La aplicación para Smartphone e imagen del prototipo tuvieron acogida, tanto para el tutor como para el niño/a quien usa el DEM, mediante las pruebas de campo realizadas se pudo validar que la aplicación no presenta dificultad de uso, el funcionamiento del DEM con respecto a la distancia configurada fue precisa para el 73% de las personas encuestadas, con respecto a las alarmas que emiten ambos dispositivos del sistema, las encuestas reflejan que las opciones disponibles son las indicadas ya que entran dentro de las más usadas por el usuario.

- En el caso de que el producto pueda ser ofertado al público, se solicitó a las personas encuestadas indicar el precio que estarían dispuestos a pagar por el dispositivo de monitoreo, tanto en la primera encuesta para determinar las especificaciones del prototipo, como en la de valoración del producto, las personas eligieron aproximadamente pagar un monto que va desde los \$100 hasta los \$250, se deduce que económicamente las personas buscan pagar el menor precio debido a que por la situación en la que se encuentra el Ecuador en el ámbito económico no es posible gastar más de lo que poseen.

## 5.2. Recomendaciones

- Para la estimación de distancia se debe conseguir estabilidad en los datos de nivel de potencias recibidas, los cuales deben tener una tendencia ascendente ya que mientras mayor sea la potencia de las lecturas RSSI mayor es la distancia de alejamiento, para ello se realizó varias pruebas con varios módulos Bluetooth los cuáles no dieron el resultado deseado, por tal razón se elige un módulo Wi-Fi ESP8266 que fue el que más se acercó a una tendencia ascendente en la lectura de la señal RSSI.
- El nivel de cobertura que posee un módulo Bluetooth excede los 10 metros de distancia sin embargo el nivel de la intensidad RSSI que se obtiene de este, no puede ser usado porque la tendencia de la potencia de la señal recibida decae aproximadamente desde los 4 metros.
- La comunicación mediante el uso del módulo Wi-Fi ESP8266 permite proporcionar fiabilidad en la lectura de los datos RSSI debido a que previo a la obtención del nivel de potencia, el módulo se asocia directamente a la red inalámbrica usando el parámetro SSID de la conexión inalámbrica y mediante la programación del microcontrolador se obtiene específicamente la potencia de la conexión establecida.
- Dependiendo del objeto a monitorear se pueden usar distintos módulos de comunicación inalámbrica que pueden proporcionar una cobertura mucha más amplia, sin embargo el nivel de potencia RSSI que se obtiene en los primeros metros de distancia no varía en gran cantidad y permanecen en un mismo rango de potencia, como por ejemplo el módulo Bluetooth RN-41.
- El prototipo de monitoreo cumple con las especificaciones de afinidad entre niños de 2 a 10 años de acuerdo a las encuestas iniciales realizadas, como característica adicional se deberá reducir el tamaño que este tiene, ya que en las pruebas de campo de la pregunta número 8 de la encuesta de valoración del producto, éste resulta ser grande para el 72% de personas encuestadas.



- Para crear la comunicación inalámbrica se realizaron pruebas con distintos módulos Bluetooth, durante las cuales se identificaron lecturas de niveles de potencia RSSI correspondientes a comunicaciones externas a la comunicación del sistema, lo que hace que el dato de potencia RSSI no sea precisamente del dispositivo que se quiere monitorear.

## LISTA DE REFERENCIAS

- Acrylic. (2017). *Acrylic Wifi*. Obtenido de <https://www.acrylicwifi.com/blog/es-segura-red-wifi-wpa-wpa2/>
- Alibaba. (2017). *Alibaba*. Obtenido de <https://spanish.alibaba.com/g/mini-vibrating-motor.html>
- Aliexpress. (25 de Julio de 2016). *Aliexpress*. Obtenido de Motor Brushless 930Kv: <http://www.aliexpress.com/item-img/Free-Shipping-A2212-13T-930KV-Brushless-Outrunner-Motor-with-Mount-for-RC-Aircraft-KK-QuadCopter-UFO/32461465372.html#>
- Amazon. (2017). *Amazon.com*. Obtenido de <https://www.amazon.es/Recargable-Repuesto-Reparaci%C3%B3n-Helic%C3%B3ptero-ladybird/dp/B0196E8C3C>
- Arduino. (16 de Agosto de 2016). *Arduino*. Obtenido de Arduino Uno: <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno>
- Areny. (2007). *Microcontroladores fundamentos y aplicaciones con pic*. Catalugña.
- Areny, F. E. (2007). *Microcontroladores fundamentos y aplicaciones con pic*. Cataluña: Marcombo.
- Botscience. (2013). *Bot science*. Obtenido de [http://botscience.net/store/index.php?route=product/product&product\\_id=70](http://botscience.net/store/index.php?route=product/product&product_id=70)
- CanStockPhoto. (9 de Agosto de 2016). *CanStockPhoto*. Obtenido de Fotos Dirigibles: <http://www.canstockphoto.com/image-photos/blimp.html>

- Carnot, I. (9 de Agosto de 2016). *Institut Carnot*. Obtenido de Transportes:  
<http://www.ingenierie-at-lyon.org/domaine/transport/>
- CCM. (21 de octubre de 2016). *CCM.net*. Obtenido de <http://es.ccm.net/contents/70-bluetooth>
- Control, R. (9 de Agosto de 2016). *RadioControl*. Obtenido de Radio Control:  
[http://www.radiocontrol.com.es/helicopteros\\_rchelicopteros\\_electricos/giroscopio\\_aerodelismo.html](http://www.radiocontrol.com.es/helicopteros_rchelicopteros_electricos/giroscopio_aerodelismo.html)
- David Linden, T. B. (2002). *Handbook Of Batteries*. New York: R. R Donnelley y Sons Company.
- Dealextrême. (12 de Julio de 2016). *Dealextrême*. Obtenido de GY521-MPU6050:  
<http://www.dx.com/es/p/gy-521-mpu6050-3-axis-acceleration-gyroscope-6dof-module-blue-154602#.V7rknTWFncI>
- drdrone. (16 de Agosto de 2016). *drdrone*. Obtenido de Helices:  
<http://www.drdrone.cl/18-helices>
- Expandore. (9 de Agosto de 2016). *Expandore*. Obtenido de Multirroto: [http://www.expandore.com/Multirroto/MULTIROTOR\\_index.html](http://www.expandore.com/Multirroto/MULTIROTOR_index.html)
- EYCOM. (12 de Febrero de 2016). *EYCOM*. Obtenido de [Calculo\\_capacidad\\_de\\_corriente\\_en\\_pistas:](http://www.eycom.com.ar/tecnica/descargas/Calculo_capacidad_de_corriente_en_pistas.pdf)  
[http://www.eycom.com.ar/tecnica/descargas/Calculo\\_capacidad\\_de\\_corriente\\_en\\_pistas.pdf](http://www.eycom.com.ar/tecnica/descargas/Calculo_capacidad_de_corriente_en_pistas.pdf)
- FistDev. (2016). *FistDev*. Obtenido de <http://fistdev.com/news/arduino/17-znakomstvo-s-arduino.html>

Fondox. (9 de Agosto de 2016). *Fondox*. Obtenido de Prototipo Drone:

[hht://www.fondox.net/wallpaper/3872/2286-prototipo-de-los-drones/html](http://www.fondox.net/wallpaper/3872/2286-prototipo-de-los-drones/html)

Forumesp8266. (2015). *Forumesp8266 Community*. Obtenido de

<http://www.esp8266.com/viewtopic.php?p=30567>

Garre, C. (2012). *Microcontroladores*. Obtenido de ESCUELA TÉCNICA

SUPERIOR DE INGENIERÍA INFORMÁTICA:

<http://dac.escet.urjc.es/docencia/Micros/MP06a.pdf>

Hakin9. (2006). Obtenido de

[http://www.hsc.fr/ressources/articles/hakin9\\_wifi/hakin9\\_wifi\\_ES.pdf](http://www.hsc.fr/ressources/articles/hakin9_wifi/hakin9_wifi_ES.pdf)

HobbyKing. (5 de Julio de 2016). *HobbyKing*. Obtenido de Hobby King 20A ESC

3A UBEC:

[http://www.hobbyking.com/hobbyking/store/\\_\\_15202\\_\\_Hobby\\_King\\_20A\\_ESC\\_3A\\_UBEC.html](http://www.hobbyking.com/hobbyking/store/__15202__Hobby_King_20A_ESC_3A_UBEC.html)

Jaycar. (2017). *Jaycar Electronics*. Obtenido de [https://www.jaycar.com.au/mini-](https://www.jaycar.com.au/mini-piezo-buzzer-3-16v/p/AB3462)

[piezo-buzzer-3-16v/p/AB3462](https://www.jaycar.com.au/mini-piezo-buzzer-3-16v/p/AB3462)

Jayconsystems. (11 de Agosto de 2016). *Jayconsystems*. Obtenido de RN-41

Bluetooth Module Breakout Board: <http://www.jayconsystems.com/rn-41-bluetooth-module-breakout-board.html>

Legarretaetxebarria, A. (septiembre de 2011). *ehu.eus/es/*. Obtenido de

<http://www.ehu.es/documents/1545039/1570316/11alegarretaech.pdf>

Lightinthebox. (2016). *Light in the box*. Obtenido de

[http://www.lightinthebox.com/es/250mah-20c-lipo-bateria-7-4v-2s-para-el-modelo-de-rc\\_p495908.html](http://www.lightinthebox.com/es/250mah-20c-lipo-bateria-7-4v-2s-para-el-modelo-de-rc_p495908.html)

- Linio. (16 de Agosto de 2016). *Linio*. Obtenido de Control Xbox 360 Inalambrico:  
<https://www.linio.com.co/p/control-xbox-360-inalambrico-negro-n5cxx1>
- López, F. (2002). *greco.dit.upm.es*. Obtenido de  
<http://www.dit.upm.es/~david/TAR/trabajos2002/08-802.11-Francisco-Lopez-Ortiz-res.pdf>
- Matheus, N. L. (20 de enero de 2012). *Computación - Informática*. Obtenido de  
<https://nmatheus.wordpress.com/2012/01/20/redes-internet-intranet-extranet/>
- MiKroElectrónica. (2016). Obtenido de <http://mikroe.es/arduino-uno-rev3/>
- Minimall. (9 de Agosto de 2016). *Minimall*. Obtenido de Helicoptero electronico:  
<http://minimall.es.tl/>
- Nakamura, S. (s.f.). Análisis numérico y Visualización gráfica con MathLab.
- Pololu. (18 de julio de 2016). *Pololu*. Obtenido de Robotic y Electronics:  
<https://www.pololu.com/category/125/arduino>
- Pololu. (2017). *Pololu*. Obtenido de <https://www.pololu.com/product/1638/specs>
- Rcgroups. (16 de Agosto de 2016). *Rcgroups*. Obtenido de Motor Brushless 930 KV:  
<http://www.rcgroups.com/forums/showthread.php?t=2374087>
- Robledo Sacristán, C., & Robledo Fernández, D. (2012). *Programación en Android*.  
Obtenido de Google Books:  
<https://books.google.com.ec/books?isbn=8436954319>
- Romero, E. (febrero de 2007). *Geocities.ws*. Obtenido de  
[http://www.geocities.ws/datos\\_universidad/MNumericos/AjusteDeCurvas.pdf](http://www.geocities.ws/datos_universidad/MNumericos/AjusteDeCurvas.pdf)

Roving. (5 de Julio de 2016). *Roving Network*. Obtenido de RN-41:

<https://www.pololu.com/file/OJ692/rn-41-ds-v3.3r.pdf>

Sparkfun. (2017). *Sparkfun Electronics*. Obtenido de

<https://www.sparkfun.com/products/13678>

Stallings, W. (2005). *Wireless Communications and Networks*. En W. Stallings,

*Wireless Communications and Networks*. New Jersey: Pearson Prentice Hall.

Obtenido de <http://es.ccm.net/contents/818-redes-inalambricas>

SualLabs. (2017). *Sual Labs*. Obtenido de [http://www.suallabs.com/Mini-Buzzer-](http://www.suallabs.com/Mini-Buzzer-Zumbador)

[Zumbador](http://www.suallabs.com/Mini-Buzzer-Zumbador)

Tinyosshop. (2017). *Tinyosshop Electronic*. Obtenido de

[http://www.tinyosshop.com/index.php?route=product/product&product\\_id=7](http://www.tinyosshop.com/index.php?route=product/product&product_id=705)

[05](http://www.tinyosshop.com/index.php?route=product/product&product_id=705)

*Wikipedia*. (28 de marzo de 2017). Obtenido de

[https://es.wikipedia.org/wiki/M%C3%ADnimos\\_cuadrados](https://es.wikipedia.org/wiki/M%C3%ADnimos_cuadrados)

Yedamale, P. (2 de Agosto de 2016). *Brushless DC (BLDC) Motor Fundamentals*.

Obtenido de <http://ww1.microchip.com/downloads/en/AppNotes/00885a.pdf>

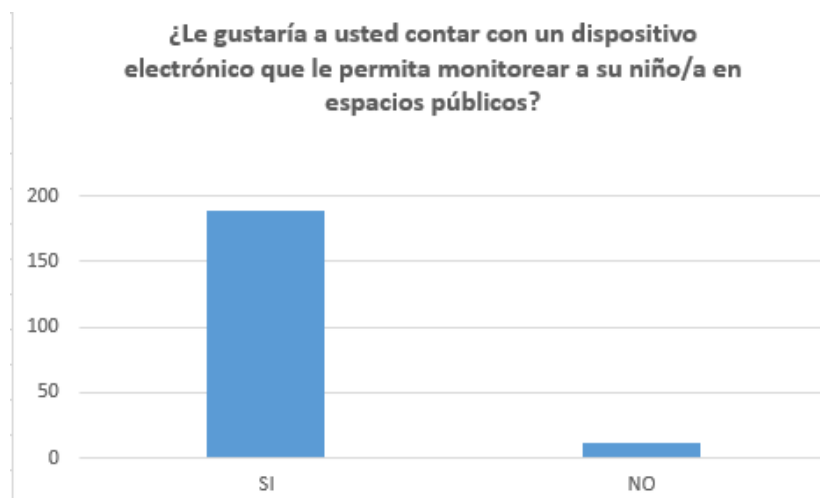
# **ANEXOS**

## ANEXO 1

Tabulación de las encuestas que proporcionaron las características principales del DEM.

1. ¿Le gustaría a usted contar con un dispositivo electrónico que le permita monitorear a su niño/a en espacios públicos?

SI	189
NO	11

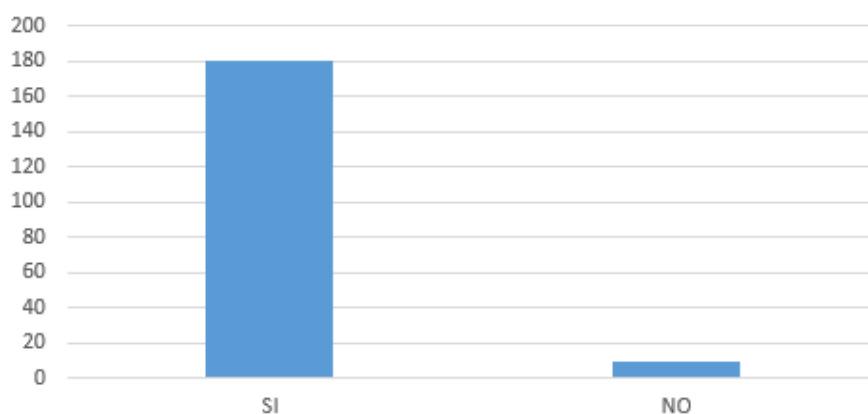


2. ¿Usted tiene a su disposición algún equipo Smartphone o Tablet?

SI	180
NO	9

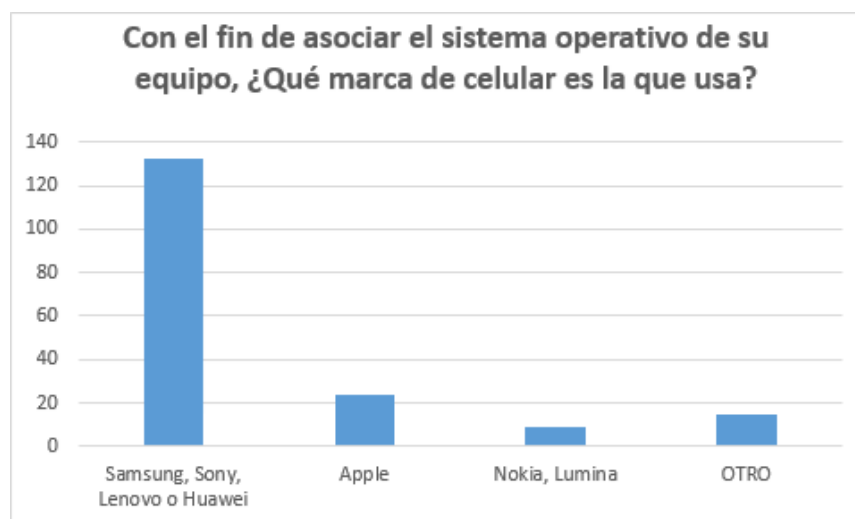


**¿Usted tiene a su disposición algún equipo Smartphone o Tablet?**



3. Con el fin de asociar el sistema operativo de su equipo, ¿Qué marca de celular es la que usa?

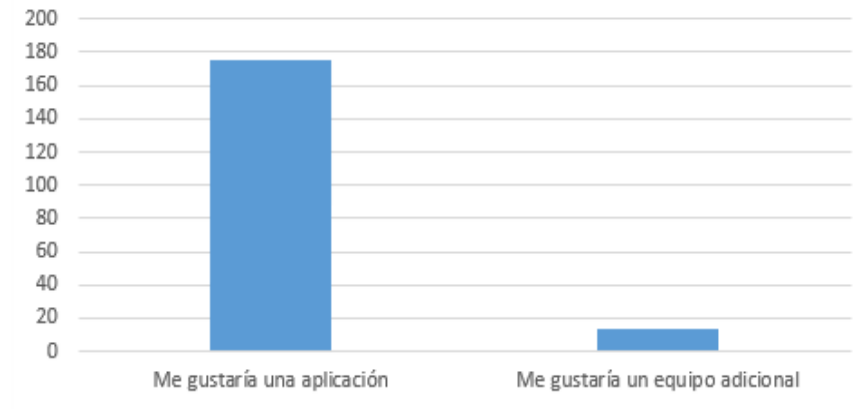
Samsung, Sony, Lenovo o Huawei	132
Apple	24
Nokia, Lumina	9
OTRO	15



4. Para el monitoreo del niño/a le gustaría contar con un equipo electrónico adicional al que usaría el niño o una aplicación para su teléfono celular (Smartphone).

Me gustaría una aplicación	175
Me gustaría un equipo adicional	14

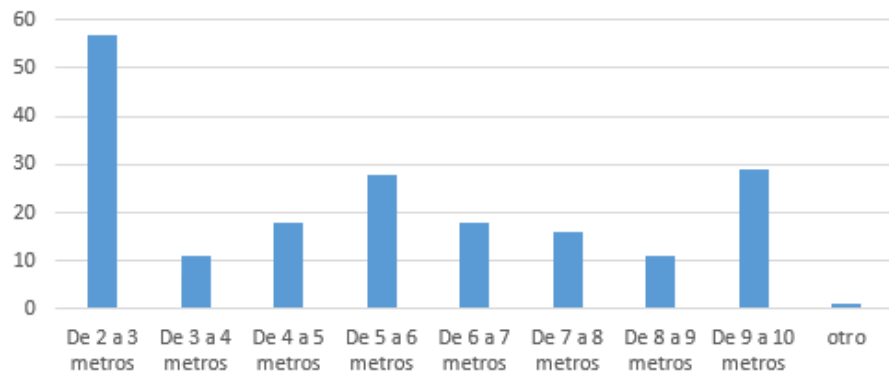
**Para el monitoreo del niño/a le gustaría contar con un equipo electrónico adicional al que usaría el niño o una aplicación para su teléfono celular (Smartphone).**



5. En un rango máximo de 10 metros, cuando usted se encuentra en espacios públicos. ¿Cuál es la distancia máxima que deja alejarse al niño/a?

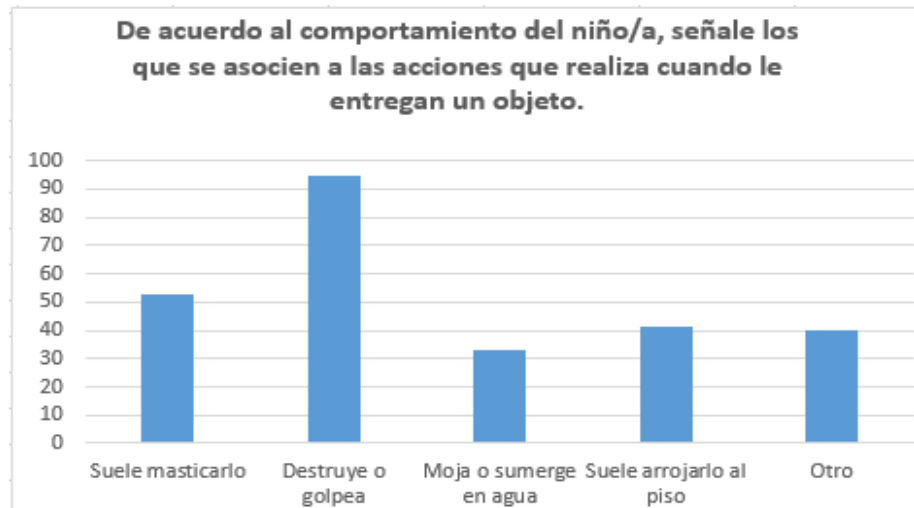
De 2 a 3 metros	57
De 3 a 4 metros	11
De 4 a 5 metros	18
De 5 a 6 metros	28
De 6 a 7 metros	18
De 7 a 8 metros	16
De 8 a 9 metros	11
De 9 a 10 metros	29
otro	1

**En un rango máximo de 10 metros, cuando usted se encuentra en espacios públicos. ¿Cuál es la distancia máxima que deja alejarse al niño/a?**



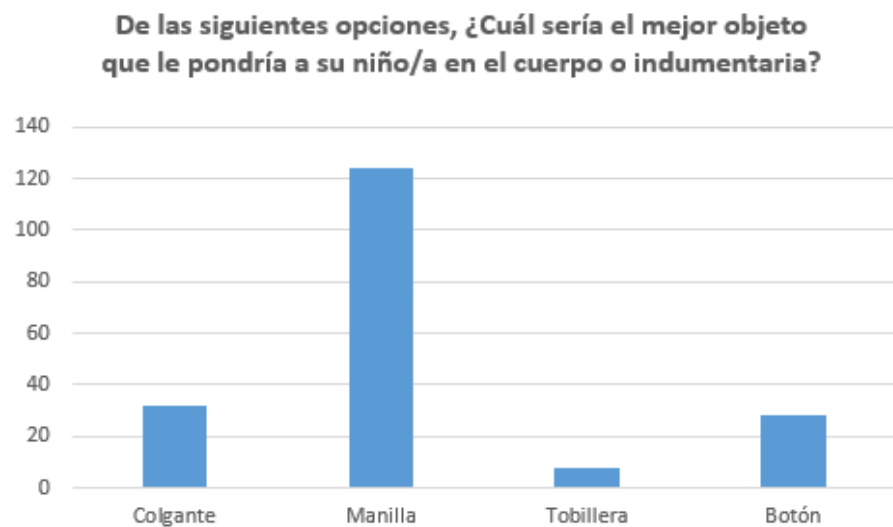
6. De acuerdo al comportamiento del niño/a, señale los que se asocian a las acciones que realiza cuando le entregan un objeto.

Suele masticarlo	53
Destruye o golpea	95
Moja o sumerge en agua	33
Suele arrojarlo al piso	41
Otro	40



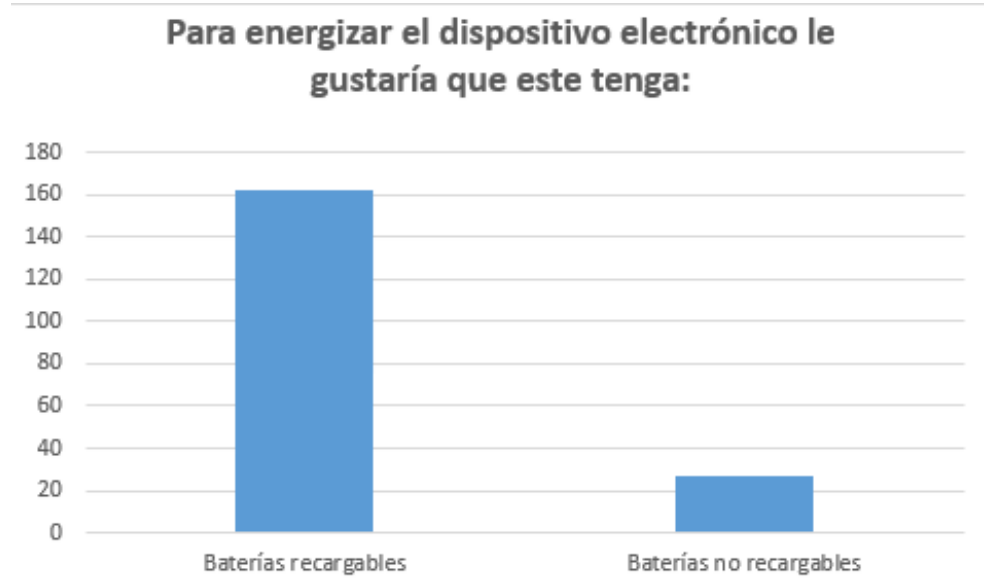
7. De las siguientes opciones, ¿Cuál sería el mejor objeto que le pondría a su niño/a en el cuerpo o indumentaria?

Colgante	32
Manilla	124
Tobillera	8
Botón	28



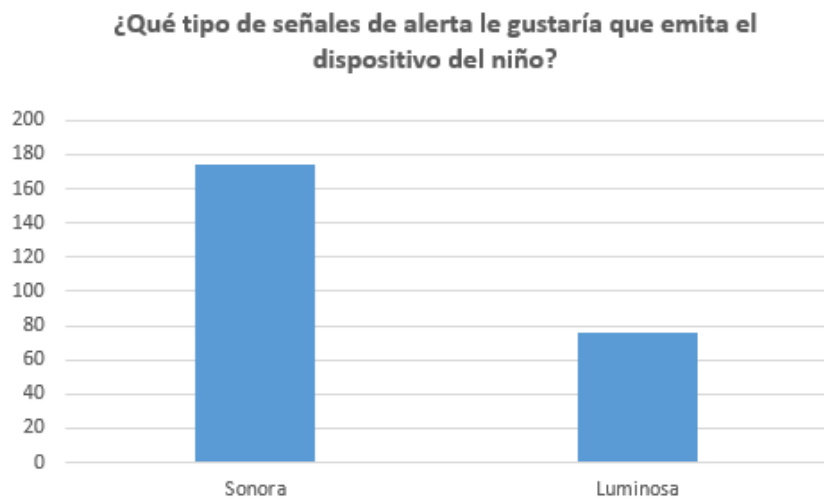
8. Para energizar el dispositivo electrónico le gustaría que este tenga:

Baterías recargables	162
Baterías no recargables	27



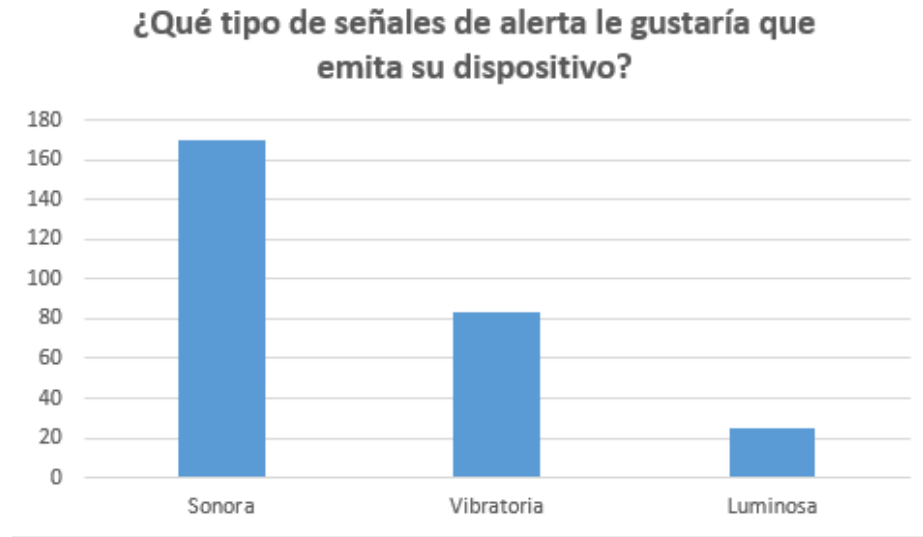
9. ¿Qué tipo de señales de alerta le gustaría que emita el dispositivo del niño?

Sonora	174
Luminosa	76



10. ¿Qué tipo de señales de alerta le gustaría que emita su dispositivo?

Sonora	170
Vibratoria	83
Luminosa	25



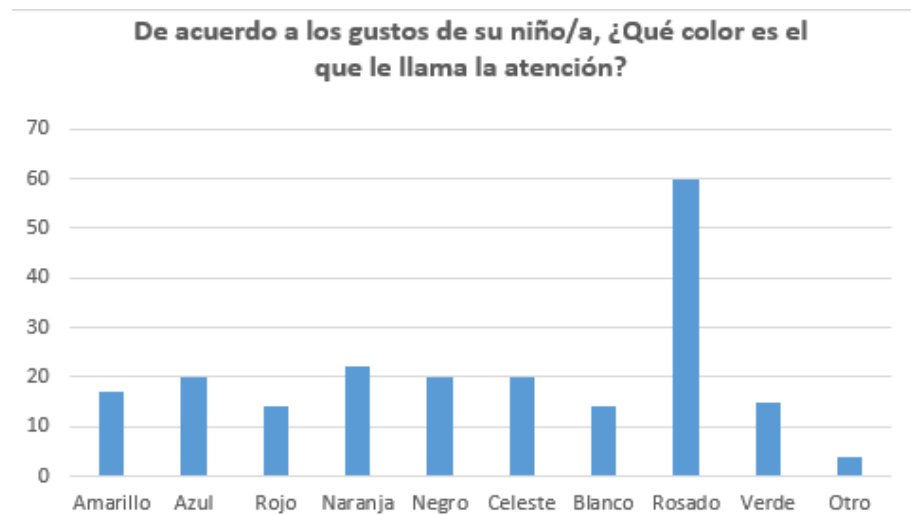
11. ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar por el dispositivo de monitoreo?

De 100 -200 dólares	149
De 200 -300 dólares	37
Más de 300 dólares	2
Otro	1



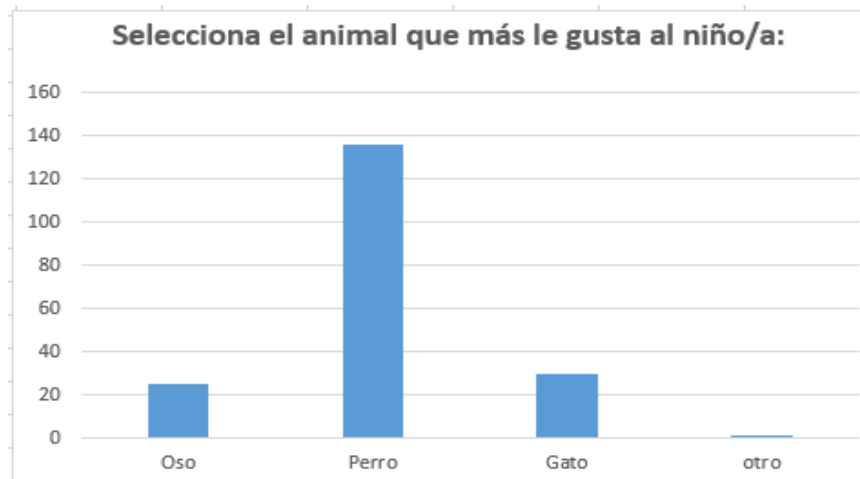
12. De acuerdo a los gustos de su niño/a, ¿Qué color es el que le llama la atención?

Amarillo	17
Azul	20
Rojo	14
Naranja	22
Negro	20
Celeste	20
Blanco	14
Rosado	60
Verde	15
Otro	4



13. Selecciona el animal que más le gusta al niño/a:

Oso	25
Perro	136
Gato	30
otro	1



## Anexo 2

Toma de datos RSSI módulo Bluetooth BLE 4.0

DISTANCIA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
0,1	25	22	22	25	21	24	26	25	24	21	27	23	23	24	24	23	21	24	22	26	24	23	23	27	24	25	25	23	23	21	25	25	27	22	24	24	27
1	52	52	57	51	53	52	51	52	52	52	52	52	52	52	51	53	52	50	52	51	52	52	56	58	50	52	51	52	52	56	52	51	57	54	58	55	51
2	59	61	64	60	60	59	60	59	59	63	61	57	62	57	58	59	59	58	57	64	63	60	58	59	58	62	63	63	61	64	58	61	57	57	57	57	57
3	55	63	63	56	63	62	62	55	57	63	55	63	56	63	63	53	56	55	56	62	62	63	63	63	61	56	55	55	64	62	61	55	57	62	57	62	62
4	67	67	68	66	70	70	72	71	70	72	70	72	72	72	72	72	68	68	70	72	66	72	72	66	66	72	67	71	71	69	71	72	70	69	72	66	69
5	70	67	75	76	68	72	70	73	68	74	74	70	68	76	74	67	77	68	72	76	70	76	67	70	74	74	83	78	79	68	67	74	76	75	68	75	75
6	84	83	78	81	75	82	78	77	76	84	74	86	81	70	69	71	80	68	71	78	69	87	75	84	82	78	74	70	75	79	68	86	79	85	74	70	85
7	68	72	72	72	76	76	72	74	67	78	76	72	72	72	72	75	72	75	72	74	67	68	72	67	76	71	75	68	74	74	68	74	67	68	69	73	68
8	73	77	78	77	72	73	73	76	76	73	75	72	72	73	73	76	73	76	73	76	74	74	77	76	74	72	72	79	77	78	72	78	73	77	76	72	77
9	76	70	70	71	70	73	72	72	75	72	70	74	70	71	75	71	74	70	71	70	75	70	75	71	72	72	70	72	71	70	74	72	75	71	72	76	71
10	70	78	77	71	71	70	73	72	73	71	75	71	69	71	69	75	70	75	71	74	69	74	69	76	74	77	70	76	69	69	76	74	78	78	77	75	78

Ejemplo de cálculo del valor más probable para la distancia 0

Xi	Vi	Vi2
25	1,1944	1,4267
22	-1,8056	3,2600
22	-1,8056	3,2600
25	1,1944	1,4267
21	-2,8056	7,8711
24	0,1944	0,0378
26	2,1944	4,8156
25	1,1944	1,4267
24	0,1944	0,0378
21	-2,8056	7,8711
27	3,1944	10,2045
23	-0,8056	0,6489
23	-0,8056	0,6489
24	0,1944	0,0378
24	0,1944	0,0378
23	-0,8056	0,6489
21	-2,8056	7,8711
24	0,1944	0,0378
22	-1,8056	3,2600
26	2,1944	4,8156
24	0,1944	0,0378
23	-0,8056	0,6489
23	-0,8056	0,6489
27	3,1944	10,2045
24	0,1944	0,0378
25	1,1944	1,4267
25	1,1944	1,4267
23	-0,8056	0,6489
23	-0,8056	0,6489
21	-2,8056	7,8711
25	1,1944	1,4267
25	1,1944	1,4267
27	3,1944	10,2045
22	-1,8056	3,2600
24	0,1944	0,0378
24	0,1944	0,0378
857	0,0000	59,6829



Xi media	desviación estándar	error probable	Valor máximo	Valor mínimo
23,8056	0,2176	0,1468	23,9524	23,6588

### Anexo 3

#### Toma de datos RSSI módulo Wifi ESP-8226

DISTANCIA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
0,1	25	25	27	25	25	26	25	25	27	28	27	27	25	27	26	28	27	24	27	26	25	28	28	27	24	25	25	25	26	29	25	25	27	29	25	24	27
1	46	47	46	46	45	44	45	45	46	47	48	46	45	44	44	46	47	45	44	45	44	45	45	46	47	48	46	45	44	44	45	46	46	46	45	44	46
2	48	48	45	46	48	49	50	46	46	45	48	48	48	49	45	46	46	48	49	48	48	45	46	48	49	50	46	46	45	48	48	48	49	45	46	46	48
3	49	48	48	50	51	48	48	50	50	50	48	49	49	50	48	50	49	49	48	48	50	51	48	48	50	50	50	48	49	49	50	48	50	49	59	51	48
4	49	50	50	53	52	50	39	53	53	52	50	51	48	50	53	53	52	49	50	50	53	52	50	39	53	53	52	50	51	48	50	53	53	52	53	50	52
5	50	50	49	53	51	51	52	53	51	48	53	53	51	53	52	51	51	51	49	48	51	53	50	50	49	53	51	51	52	53	51	48	53	53	51	53	52
6	53	51	53	52	54	51	51	53	53	54	54	53	48	54	53	52	51	55	54	51	53	53	51	53	52	54	51	51	53	53	54	54	53	48	54	53	52
7	59	59	63	51	63	64	64	64	66	54	65	61	59	64	65	59	59	63	51	63	64	64	64	66	54	65	61	59	64	65	66	64	62	62	61	64	64
8	61	63	63	67	67	65	66	65	65	68	63	61	68	68	71	63	62	67	67	67	61	63	63	67	67	65	66	65	65	68	63	61	68	68	67	63	62
9	65	65	68	63	61	68	68	71	63	62	67	67	67	66	63	63	61	68	65	65	68	63	61	68	68	71	63	62	67	67	67	66	63	63	61	68	65
10	67	67	61	63	63	67	67	65	66	65	65	68	63	61	68	68	68	67	67	70	70	63	67	67	65	66	65	65	68	63	61	68	68	68	67	67	66

Ejemplo de cálculo del valor más probable para la distancia 0

Xi	Vi	Vi2
25	-1,0833	1,1736
25	-1,0833	1,1736
27	0,9167	0,8403
25	-1,0833	1,1736
25	-1,0833	1,1736
26	-0,0833	0,0069
25	-1,0833	1,1736
25	-1,0833	1,1736
27	0,9167	0,8403
28	1,9167	3,6736
27	0,9167	0,8403
27	0,9167	0,8403
25	-1,0833	1,1736
27	0,9167	0,8403
26	-0,0833	0,0069
28	1,9167	3,6736
27	0,9167	0,8403
24	-2,0833	4,3403
27	0,9167	0,8403
26	-0,0833	0,0069
25	-1,0833	1,1736
28	1,9167	3,6736
28	1,9167	3,6736
27	0,9167	0,8403
24	-2,0833	4,3403
25	-1,0833	1,1736
25	-1,0833	1,1736
25	-1,0833	1,1736
26	-0,0833	0,0069
29	2,9167	8,5069
25	-1,0833	1,1736
25	-1,0833	1,1736
27	0,9167	0,8403
29	2,9167	8,5069
25	-1,0833	1,1736
24	-2,0833	4,3403
939	0,0000	26,9792

Xi media	desviación estandar	error probable	Valor máximo	Valor mínimo
26,0833	0,1463	0,0987	26,1859	25,9807